



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



VALQUIRIA CORDEIRO DA SILVA

**ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO VISANDO A EFICIÊNCIA PRODUTIVA
ANIMAL NO ESTADO DA PARAÍBA**

CAMPINA GRANDE - PB

2020



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



VALQUIRIA CORDEIRO DA SILVA

**ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO VISANDO A EFICIÊNCIA PRODUTIVA
ANIMAL NO ESTADO DA PARAÍBA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola, na Área de Construções Rurais e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. José Pinheiro Lopes Neto

CAMPINA GRANDE - PB

2020

S586e Silva, Valquiria Cordeiro da.
Zoneamento bioclimático visando a eficiência produtiva animal no
Estado da Paraíba / Valquiria Cordeiro da Silva. – Campina Grande,
2020.
104 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal
de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2020.
"Orientação: Prof. Dr. José Pinheiro Lopes Neto".
Referências.

1. Clima. 2. Estresse Térmico. 3. Zona de Conforto. I. Lopes Neto,
José Pinheiro. II. Título.

CDU 551.58(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA AGRICOLA
Rua Aprígio Veloso, 882, - Bairro Universitário, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

PARECER SEI Nº 12/2020/PPGEA-PRPG/PRPG
PROCESSO Nº 23096.047863/2020-86
INTERESSADO: JOSE PINHEIRO LOPES NETO, VALQUIRIA CORDEIRO DA SILVA

VALQUÍRIA CORDEIRO DA SILVA

TESE APROVADA EM: 27 DE NOVEMBRO DE 2020

BANCA EXAMINADORA

José Pinheiro Lopes Neto – Orientador

Josivanda Palmeira Gomes – Examinadora Interna

Dermeval Araújo Furtado - Examinador Interno

Fernanda Fernandes de Melo Lopes - Examinadora Externa

Robson de Sousa Nascimento - Examinador Externo



Documento assinado eletronicamente por **JOSE PINHEIRO LOPES NETO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 30/11/2020, às 15:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernanda Fernandes de Melo, Usuário Externo**, em 02/12/2020, às 10:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOSIVANDA PALMEIRA GOMES, PROFESSOR 3 GRAU**, em 14/12/2020, às 10:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **DERMEVAL ARAUJO FURTADO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 14/12/2020, às 19:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).

15/12/2020

SEI/UFCG - 1142725 - Parecer



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **1142725** e o código CRC **52F24A28**.

Referência: Processo nº 23096.047863/2020-86

SEI nº 1142725

*Dedico este trabalho às **minhas avós**, Francisca Maria de Araújo e Inácia Sales da Silva “in memoriam”. Reconheço que não chegaria até aqui sem o carinho e os ensinamentos das mesmas ao longo do tempo que passaram ao meu lado.*

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus por ter me dado forças para nunca desistir dos meus objetivos. À CAPES por ter disponibilizado uma bolsa de estudos.

A Jaciara Ribeiro pelo companheirismo, ajuda, incentivo e carinho no decorrer de todo o trabalho.

Aos meus familiares, que sempre acreditaram em mim, em especial as minhas avós Francisca Maria de Araújo e Inácia Sales da Silva “*in memoriam*”, peças fundamentais para minha educação.

Aos meus pais Maria do Carmo e José Walter, que sempre me impulsionaram aos estudos, principalmente, por não terem tido a oportunidade de ir tão longe.

Ao meu tio/pai Jaimar Cordeiro e minhas tias Janiclei Cordeiro e Alcione Cordeiro, que vibram e me incentivam a cada conquista.

Aos membros do projeto e orientadores Prof. Dra. Fernanda Fernandes de Melo Lopes, Prof. Dr. José Pinheiro Lopes Neto e Prof. Dr. Robson de Sousa Nascimento, pelas excelentes contribuições, além do apoio e grande incentivo. Em especial, ao Prof. Robson, por toda ajuda durante todo desenvolver do projeto, mesmo em dias e horários fora de seu expediente estava disposto a me ajudar em tudo que precisava, sempre de forma clara e objetiva, meu muito obrigada.

Aos professores do doutorado, Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado e Prof. Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento, pelas contribuições na minha formação acadêmica e a Prof. Dra. Josivanda Palmeira Gomes, pela disponibilidade na composição da banca e contribuições dadas, estendendo os agradecimentos aos demais membros da banca.

À Universidade Federal de Campina Grande, em especial a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado.

Aos colegas da Lacra, pela amizade e troca de conhecimentos durante as disciplinas, em especial, Joelma Vieira e Yokiny Chanti. Com Joelma, a parceria é diária, não apenas no mundo acadêmico, mas na minha vida, a qual fará sempre parte.

Aos membros da banca examinadora, por terem dedicado parte do seu tempo para participar da avaliação deste trabalho.

Muito obrigada a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1

Figura 1.	Mesorregiões do estado da Paraíba.....	19
Figura 2.	Localização dos postos meteorológicos.....	20
Figura 3.	Temperatura para o período chuvoso na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima.....	21
Figura 4.	Umidade relativa para o período chuvoso na Paraíba.....	22
Figura 5.	Temperatura para o período seco na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima.....	23
Figura 6.	Umidade relativa para o período seco na Paraíba.....	23
Figura 7.	Temperatura de conforto térmico para codornas no período chuvoso na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima.....	24
Figura 8.	Faixa de umidade relativa preconizada para codornas no período chuvoso.....	25
Figura 9.	Temperaturas de conforto térmico para codornas no período seco na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima.....	26
Figura 10.	Faixa de umidade relativa preconizada para codornas no período seco.....	27
Figura 11.	Temperatura de conforto térmico para novilhas no período chuvoso na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima.....	28
Figura 12.	Faixa de umidade relativa preconizada para ruminantes no período seco.....	29
Figura 13.	Temperatura de conforto térmico para novilhas no período seco na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima.....	30
Figura 14.	Faixa de umidade relativa preconizada para ruminantes no período seco.....	31

Artigo 2

Figura 1.	Mesorregiões do estado da Paraíba.....	38
-----------	--	----

Figura 2.	Localização dos postos meteorológicos.....	39
Figura 3.	Temperatura para o período chuvoso no estado da Paraíba: (a) Temperatura média; (b) Temperatura máxima; e (c) Temperatura mínima.....	40
Figura 4.	Umidade relativa para o período chuvoso no estado da Paraíba.....	41
Figura 5.	Temperatura para o período seco no estado da Paraíba: (a) Temperatura média; (b) Temperatura máxima; e (c) Temperatura mínima.....	41
Figura 6.	Umidade relativa para o período seco no estado da Paraíba.....	42
Figura 7.	Temperaturas de conforto térmico para ovinos no período chuvoso no estado da Paraíba: (a) Temperatura média; (b) Temperatura máxima; e (c) Temperatura mínima.....	43
Figura 8.	Faixa de umidade relativa preconizada para ruminantes no período chuvoso.....	43
Figura 9.	Temperaturas de conforto térmico para caprinos no período chuvoso no estado da Paraíba: (a) Temperatura média; (b) Temperatura máxima; e (c) Temperatura mínima.....	45
Figura 10.	Temperaturas de conforto térmico para ovinos no período seco no estado da Paraíba: (a) Temperatura média; (b) Temperatura máxima; e (c) Temperatura mínima.....	46
Figura 11.	Faixa de umidade relativa preconizada para ruminantes do período seco.....	47
Figura 12.	Temperaturas de conforto térmico para caprinos no período seco no estado da Paraíba: (a) Temperatura média; (b) Temperatura máxima; e (c) Temperatura mínima.....	48

Artigo 3

Figura 1.	Localização do estado da Paraíba e distribuição dos postos meteorológicos.....	56
Figura 2.	Tendência interanual e percentual de influência das variáveis climáticas sobre o índice de temperatura e umidade em todas as estações no estado da Paraíba, Brasil.....	61

Figura 3.	Tendência e percentual das variáveis influenciadoras sobre o Índice de temperatura e umidade em todas as estações meteorológicas durante o período chuvoso no estado da Paraíba, Brasil.....	63
Figura 4.	Tendência e percentual das variáveis influenciadoras sob o Índice de temperatura e umidade em todas as estações meteorológicas no período seco no estado da Paraíba, Brasil.....	66

Artigo 4

Figura 1.	Mesorregiões do estado da Paraíba.....	79
Figura 2.	Distribuição espacial do ITU no período chuvoso.....	81
Figura 3.	Distribuição espacial das faixas do índice de temperatura e umidade para codornas na 3ª semana no período chuvoso.....	82
Figura 4.	Distribuição espacial das faixas do índice de temperatura e umidade para codornas na 4ª semana.....	83
Figura 5.	Distribuição espacial das faixas do índice de temperatura e umidade para codornas na 5ª semana no período chuvoso.....	84

Artigo 5

Figura 1.	Localização do estado da Paraíba no mapa do Brasil.....	94
Figura 2.	Mesorregiões do estado da Paraíba.....	95
Figura 3.	Classificação climática de Koppen para o estado da Paraíba.....	95
Figura 4.	Localização dos postos meteorológicos.....	96
Figura 5.	Distribuição espacial do ITU durante o período seco.....	98
Figura 6.	Distribuição espacial das faixas do índice de temperatura e umidade para codornas na 3ª semana no período seco.....	98
Figura 7.	Distribuição espacial das faixas do índice de temperatura e umidade para codornas na 4ª semana no período seco.....	99
Figura 8.	Distribuição espacial das faixas do índice de temperatura e umidade para codornas na 5ª semana no período seco.....	100

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Tabela 1. Meses mais chuvosos e secos para as estações em estudo.....	20
---	----

Artigo 2

Tabela 1. Meses mais chuvosos e secos para as estações em estudo.....	39
---	----

Artigo 3

Tabela 1. Meses mais chuvosos e secos para as estações.....	57
---	----

Tabela 2. Tendência anual para o ITU, em que Z representa a tendência e β a inclinação da tendência para as estações meteorológicas no Estado na Paraíba, Brasil.....	60
---	----

Tabela 3. Valores obtidos na regressão linear múltipla anual dos dados normalizados das variáveis climáticas para cada estação meteorológica.....	61
---	----

Tabela 4. Tendência do ITU durante o período chuvoso, em que Z representa a tendência e β a inclinação da tendência para todas as estações meteorológicas localizadas no Estado na Paraíba, Brasil.....	62
---	----

Tabela 5. Coeficientes obtidos na regressão linear múltipla dos dados normalizados das variáveis climáticas durante o período chuvoso.....	63
--	----

Tabela 6. Tendência do ITU durante o período seco para o ITU, em que Z representa a tendência e β a inclinação da tendência para todas as estações meteorológicas na Paraíba, Brasil.....	65
---	----

Tabela 7. Coeficientes obtidos na regressão linear múltipla dos dados normalizados das variáveis climáticas durante o período seco.....	65
---	----

Artigo 4

Tabela 1. Zona de conforto térmico em relação a temperatura, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade para codornas da terceira a quinta semana de vida.....	80
--	----

Artigo 5

Tabela 1. Meses mais secos para as estações em estudo.....	96
--	----

Tabela 2. Faixa de conforto térmico em relação a temperatura, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade para codornas da terceira até a quinta semana de vida.....	97
---	----

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURA	viii
LISTA DE TABELA	xi
Artigo 1 Zoneamento bioclimático para espécies animais de produção no estado da Paraíba, Brasil	16
RESUMO.....	17
INTRODUÇÃO.....	17
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
<i>Área de estudo</i>	18
<i>Classificação Climática de Koppen para as mesorregiões do estado da Paraíba</i>	19
<i>Variáveis climáticas</i>	19
<i>Processamento dos dados</i>	20
<i>Análise da relação dos animais com o ambiente</i>	20
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
<i>Distribuição espacial das variáveis climáticas no período chuvoso</i>	21
<i>Distribuição espacial das variáveis climáticas no período seco</i>	22
<i>Codornas na 5ª semana de vida</i>	24
<i>Período chuvoso</i>	24
<i>Período seco</i>	26
<i>Novilhas bos indicus</i>	28
<i>Período chuvoso</i>	28
<i>Período seco</i>	30
CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS.....	32
Artigo 2 Zoneamento bioclimático para pequenos ruminantes nas mesorregiões do estado de Paraíba, Brasil	32
RESUMO.....	36
INTRODUÇÃO.....	36
MATERIAL E MÉTODOS.....	37
<i>Área de estudo</i>	37

<i>Classificação Climática de Koppen para as mesorregiões do estado da Paraíba.....</i>	38
<i>Variáveis climáticas.....</i>	38
<i>Processamento dos dados.....</i>	39
<i>Análise da relação dos animais com o ambiente.....</i>	39
RESULTADOS.....	40
Distribuição espacial das variáveis climáticas no período chuvoso.....	40
Distribuição espacial das variáveis climáticas no período seco.....	41
DISCUSSÃO.....	42
Período chuvoso.....	42
Ovinos.....	42
Caprinos.....	45
Período seco.....	46
Ovinos.....	46
Caprinos.....	48
CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS.....	50

Artigo 3 Índice de temperatura e umidade para o estado da Paraíba, Brasil: tendência, fatores influenciadores e medidas mitigadoras.....	53
Resumo.....	54
Introdução.....	54
Material e métodos.....	56
Área de Estudo e dados.....	56
Identificando os períodos chuvoso e seco.....	57
Índice de temperatura e umidade (ITU)	57
Cálculo da tendência.....	58
Influência das variáveis.....	59
Resultados e discussão.....	60
Tendência do ITU e variáveis influenciadoras durante o período interanual.	60
Tendência do ITU e variáveis influenciadoras durante o período chuvoso....	62
Tendência e variáveis influenciadoras para o período seco.....	64

Aplicação de medidas mitigadoras para cada localidade levando em consideração o cenário do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para 2100.....	67
Codornas poedeiras.....	67
Caprinos e ovinos.....	69
Bovinos leiteiros.....	69
Conclusões.....	70
Referências bibliográficas.....	71
Artigo 4 Zoneamento bioclimático para codornas no período chuvoso no estado da Paraíba, Brasil.....	76
Resumo.....	77
Abstract.....	77
INTRODUÇÃO.....	78
MATERIAL E MÉTODOS.....	79
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
CONCLUSÕES.....	86
REFERÊNCIAS.....	86
Artigo 5 Zoneamento bioclimático para codornas no período seco com base no estado da Paraíba, Brasil.....	91
Resumo.....	92
Abstract.....	92
INTRODUÇÃO.....	93
MATERIAL E MÉTODOS.....	94
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	97
CONCLUSÕES.....	102
REFERÊNCIAS.....	102

Artigo 1

Zoneamento bioclimático para espécies animais de produção no estado da Paraíba, Brasil

(Editado conforme as normas da Revista Ceres)

Zoneamento bioclimático para espécies animais de produção no estado da Paraíba, Brasil

RESUMO

A partir da série histórica das variáveis climáticas temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa do ar coletadas em seis estações meteorológicas objetivou-se neste trabalho, realizar o zoneamento bioclimático e, assim, identificar as condições de conforto para codornas na 5ª semana de vida e novilhas *bos indicus*, comparando os dados coletados com os resultados de pesquisas científicas nos períodos chuvoso e seco do estado da Paraíba. Partindo dos dados da série histórica foram elaborados mapas de distribuição espacial para os períodos. Conclui-se que, as codornas estariam em condições favoráveis na mesorregião da Zona da Mata, na Borborema em transição com o Agreste e Sertão no período seco e, no período chuvoso no Sertão, Borborema e Zona da Mata. As demais mesorregiões necessitariam de pequenos ajustes para minimizar o estresse por calor, como adequação da densidade populacional, resfriamento da água de bebida e utilização dos lanternins. Além disso, com intuito de minimizar o frio poder-se-ia utilizar o manejo de cortinas e optar pela utilização de materiais impermeáveis nas cortinas e o teto do galpão. A criação de novilhas seria viável em todas as mesorregiões do estado em ambos os períodos, exigindo pequenas medidas corretivas, como utilização sombreamento natural ou sombrites para animais a pasto e utilização de instalações com aberturas amplas, facilitando a ventilação natural, aspersão de água sobre o telhado e arborização circundante para animais em confinamento.

Palavras-chave: ambiente de criação; clima; estresse térmico; zona de conforto.

INTRODUÇÃO

O estresse é a reação do corpo aos estímulos que perturbam a homeostase, que podem ser de origem nutricional, química, psicológica ou térmica. Quando ele ocorre por via térmica, requer maior atenção, visto que, as variações temperatura e umidade relativa do ar têm efeitos na produção pecuária, principalmente, devido as projeções de aquecimento global, como as relatadas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2013), pois expõe os animais ao estresse.

No Nordeste brasileiro observa-se um clima complexo, podendo ocorrer na mesma região, mesorregiões geográficas com características particulares, com climas variando do superúmido nas zonas litorâneas ao clima seco presente no sertão (Mendes *et al.*, 2014).

No estado da Paraíba, os menores valores de temperatura são encontrados nas áreas de altitudes mais elevadas, com destaque para mesorregião do Agreste, enquanto a outra parte das mesorregiões apresentam locais com altitudes mais baixas, com valores elevados de temperatura ao longo do ano (Francisco *et al.*, 2015).

A correta identificação dos fatores climatológicos influencia na eficiência produtiva dos animais permitindo ajustes nas práticas de manejo dos sistemas de produção, uma vez que, cada espécie ou categoria animal possui características distintas de adaptabilidade (Salama *et al.*, 2014; Bonfim & Melo, 2015; Ribeiro *et al.*, 2018).

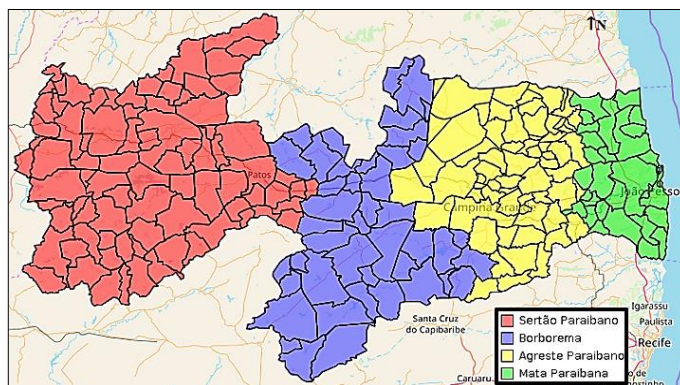
O zoneamento bioclimático poderá, por meio do monitoramento das variáveis climáticas, identificar as áreas com possíveis ocorrências de estresse térmico, auxiliando na tomada de decisões em relação ao manejo ambiental das instalações animais podendo assim, ser utilizado como um recurso importante, visando o aumento da eficiência produtiva por meio da distribuição adequada dos animais em regiões de clima específico (Mendes *et al.*, 2014).

Assim, o presente trabalho objetivou realizar o zoneamento bioclimático a partir da série histórica das variáveis climáticas temperatura média, máxima, mínima e umidade relativa do ar coletadas em seis estações meteorológicas convencionais no estado da Paraíba-Brasil e com isso, determinar se novilhas e codornas estariam ou não em conforto térmico, além de comparar com os resultados obtidos em pesquisas científicas nas mesorregiões nos períodos chuvoso e seco.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Realizou-se o zoneamento para o estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, que apresenta uma área de 56.440 km² correspondente a 0,662% do território nacional. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18" de latitude sul e, entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45" de longitude oeste. Segundo Nóbrega *et al.* (2014), o estado da Paraíba está dividido em quatro mesorregiões distintas: Zona da Mata paraibana; Agreste paraibano; Borborema e Sertão paraibano (Figura 1).



Fonte: Aesa, 2018.

Figura 1. Mesorregiões do estado da Paraíba

Classificação Climática de Köppen para as mesorregiões do estado da Paraíba

A Paraíba apresenta quatro tipos de climas, o Aw (451,52 km²) caracterizando a região como tropical com período seco no inverno. O Am (677,28 km²), característico de regiões monçônicas, é o clima relacionado às regiões de alto volume anual de precipitação, como é o caso da Zona da Mata paraibana. O tipo climático As (32.340,12 km²), encontrado na Zona da Mata paraibana, Agreste e Sertão paraibano e por fim, o Bsh (22.971,08 km²), que se estende por toda mesorregião da Borborema e parte do Sertão paraibano (Alvares *et al.*, 2013; Francisco *et al.*, 2015).

Variáveis climáticas

Os dados climáticos pertencem às estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do governo brasileiro, por isso, todos os dados estão disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), cujas variáveis abrangem valores mensais de temperatura média, máxima e mínima (TA, °C) e umidade relativa do ar (UR, %), no período de 1961 - 2015, com postos localizados nos municípios de Areia, Campina Grande, João Pessoa, Monteiro, Patos e São Gonçalo (Figura 2).

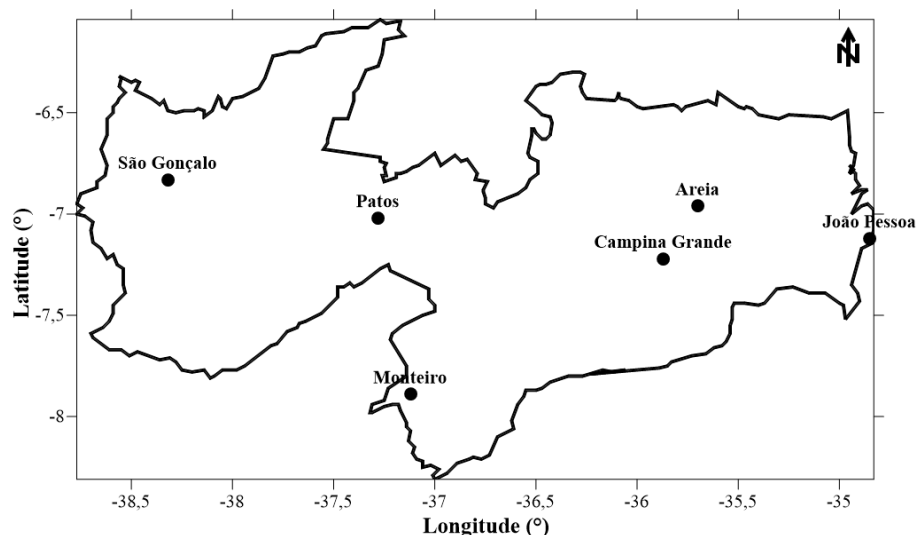


Figura 2: Localização dos postos meteorológicos

Processamento dos dados

A partir dos dados mensais de temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa do ar, foram criados mapas com a distribuição espacial das variáveis climáticas utilizando o software Surfer® versão demo 13.6. Enquanto que, a interpolação dos dados foi feita pelo método de krigagem.

O estudo dividiu-se em dois períodos, sendo eles: chuvoso e seco. Como a região nordeste e, conseqüentemente, o estado da Paraíba não possui estações definidas, existindo apenas os períodos chuvoso e seco. Nesse sentido, eles foram definidos como os quatro meses mais e menos chuvosos da série histórica pluviométrica, respectivamente (Tabela 1).

Estação meteorológica	Período	Chuvoso	Seco
João Pessoa	1961 – 2015	Abril – Julho	Setembro – Dezembro
Areia	1974 – 2015	Abril – Julho	Setembro – Dezembro
Campina Grande	1961 – 2015	Abril – Julho	Setembro – Dezembro
Monteiro	1962 – 2015	Fevereiro – Maio	Agosto – Novembro
Patos	1976 – 2015	Janeiro – Abril	Agosto – Novembro
São Gonçalo	1961 – 2015	Janeiro – Abril	Agosto – Novembro

Tabela 1: Meses mais chuvosos e secos para as estações em estudo

Análise da relação dos animais com o ambiente

Após serem definidos os mapas de distribuição espacial das variáveis climáticas, temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa do ar, para todas as mesorregiões do estado da Paraíba, foram coletados os resultados de pesquisas científicas, com codornas na 5ª semana de vida e novilhas *bos indicus*, para avaliar os valores encontrados nas pesquisas e

validar se os animais estavam ou não em conforto térmico dentro de cada mesorregião. A escolha das espécies ocorreu levando em consideração a existência de pesquisas científicas com esses animais nos territórios que abrangem as mesorregiões.

Posteriormente, observou-se na literatura a zona de conforto preconizada para a criação destes animais para que fosse possível realizar o zoneamento bioclimático, com a (as) mesorregião (ões) dentro do estado mais adequada (s) para a criação de cada um deles.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição espacial das variáveis climáticas no período chuvoso

A temperatura média no estado da Paraíba para a mesorregião da Zona da Mata paraibana varia de 23 - 25 °C, de 22 - 24 °C no Agreste paraibano, na Borborema de 22 - 26 °C e de 25 - 27 °C no Sertão paraibano e, a variação da temperatura máxima é de 27 - 29 °C, 25 - 28 °C, 27 - 31 °C e 30 - 31 °C, na Zona da Mata paraibana, Agreste, Borborema e Sertão, respectivamente, enquanto que a mínima varia 20 - 21 °C na Zona da Mata, 19 - 20 °C no Agreste, 18 - 20 °C na Borborema e 19 - 21 °C no Sertão (Figura 3).

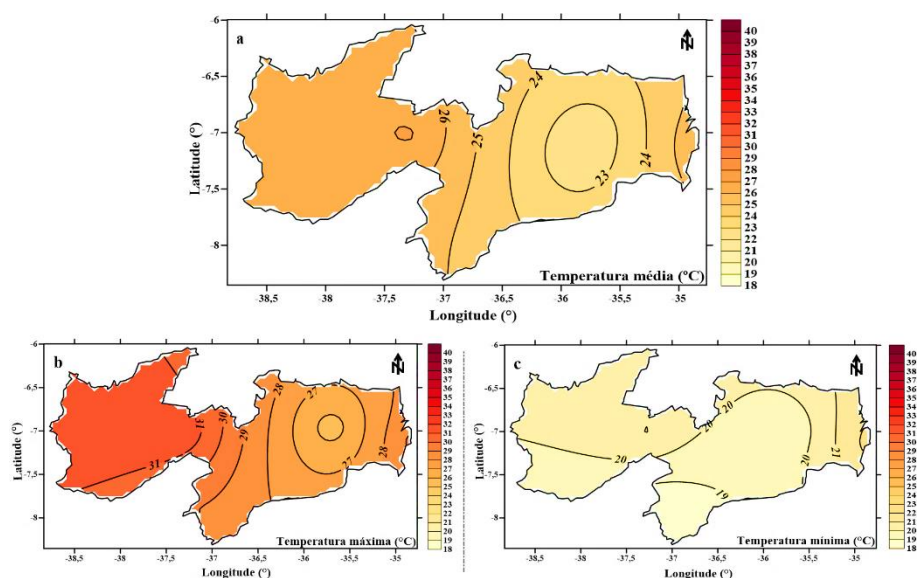


Figura 3: Temperatura para o período chuvoso na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima.

A umidade relativa do ar no estado da Paraíba na mesorregião da Zona da Mata varia de 64 - 82% neste período; essa variação é de 79 - 82%, no Agreste de 76 - 82%, na Borborema de 64 - 79% e no Sertão de 64 - 76% (Figura 4).

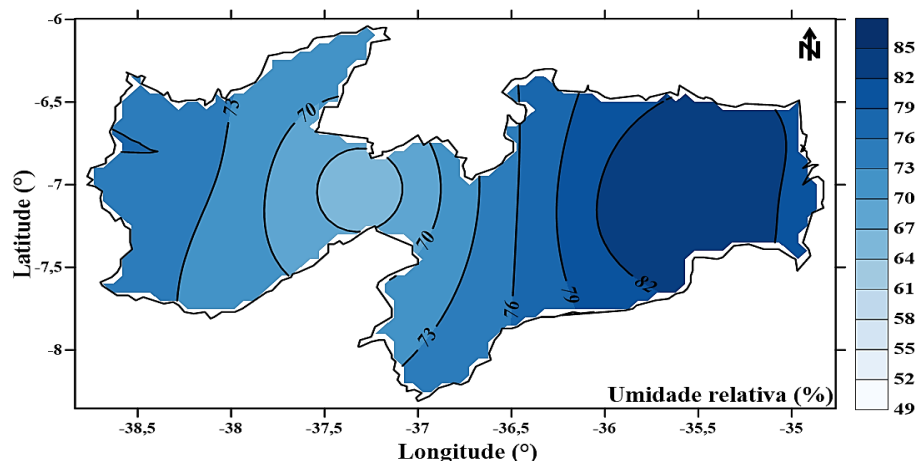


Figura 4: Umidade relativa para o período chuvoso na Paraíba

No período chuvoso a Zona da Mata e Agreste apresentam menor amplitude térmica em relação as demais mesorregiões, de 9 °C, e menor variação de umidade relativa, 3 e 6%, respectivamente, enquanto que os maiores valores estão na Borborema, sendo de 13 °C e 15%. As oscilações bruscas das variáveis climáticas podem ocasionar aos animais diversos problemas, uma vez que, afetam o consumo voluntário dos animais, que compromete a produtividade, além de desestabilizar a homeotermia, que é a capacidade em manter a temperatura corporal dentro de certos limites (Ferreira *et al.*, 2013).

Distribuição espacial das variáveis climáticas no período seco

A temperatura média no estado da Paraíba varia de 24 - 26 °C na Zona da Mata, 23 - 24 °C no Agreste, 23 - 27 °C na Borborema e 26 - 27 °C no Sertão, a máxima varia de 28 - 29 °C, 28 - 31 °C, 29 - 34 °C e 33 - 35 °C, na Zona da Mata, Agreste, Borborema e Sertão, respectivamente, enquanto a mínima varia 20 - 23 °C na Zona da Mata, 19 - 21 °C no Agreste, 19 - 21 °C na Borborema e 20 - 21 °C no Sertão (Figura 5).

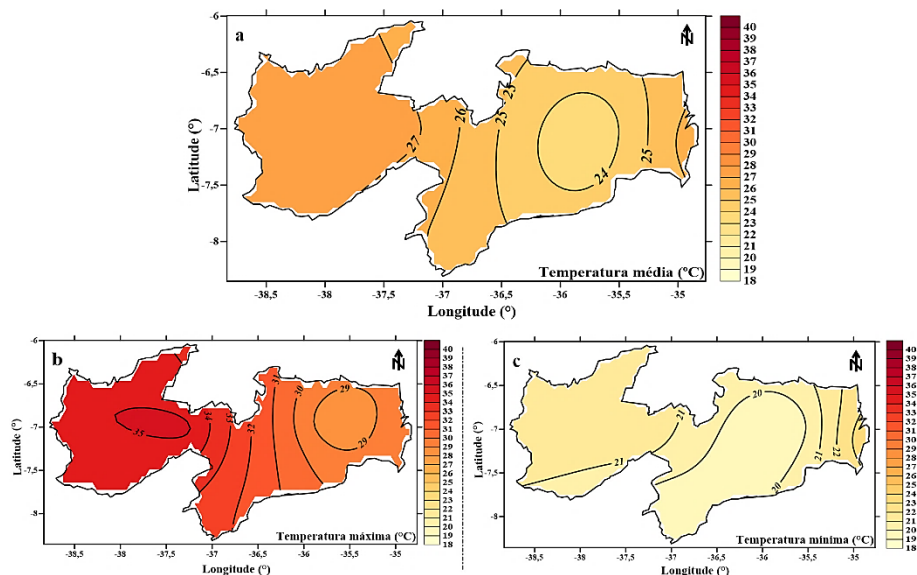


Figura 5: Temperatura para o período seco na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima

A umidade relativa do ar na mesorregião da Zona da Mata fica em torno de 73%, no Agreste varia de 64 - 76%, na Borborema de 52 - 72% e no Sertão paraibano de 49 - 73% (Figura 6).

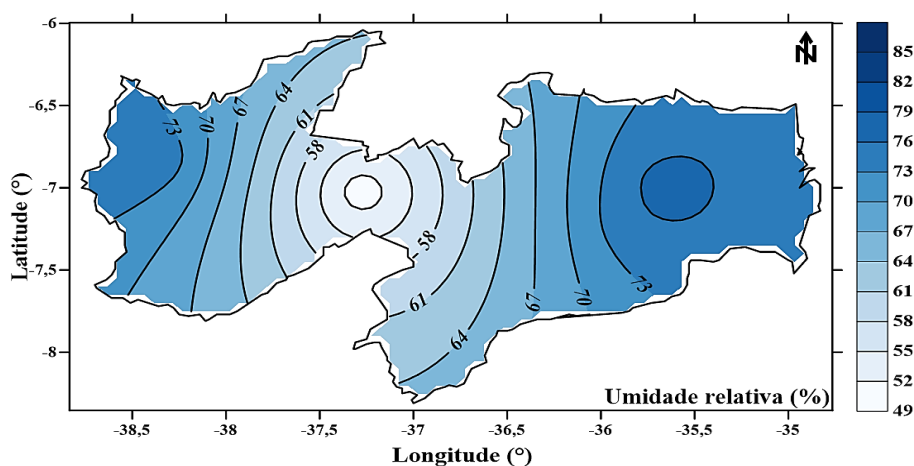


Figura 6: Umidade relativa para o período seco na Paraíba

No período seco a Zona da Mata, é a mesorregião que apresenta menor amplitude térmica, de 9 °C, enquanto a Borborema e o Sertão apresentam 15 °C de amplitude térmica, sendo, portanto, o maior valor dentre as mesorregiões. A maior variação na umidade relativa é no Sertão, de 24%, seguida da Borborema, com 20%.

Codornas na 5ª semana de vida

Período chuvoso

Com base em Souza *et al.* (2014), para codornas, a faixa de temperatura na zona de conforto térmico preconizada por Souza *et al.* (2014), varia entre 25 - 26 °C, e a faixa de umidade relativa ideal encontra-se entre 56 - 65%. Dessa forma, dentro do estado da Paraíba em relação aos valores de temperatura média, as mesorregiões mais propícias para a criação de codornas seriam Zona da Mata, Borborema e na divisa da Borborema com o Sertão, que possui a maior área apta para a criação de codornas (Figura 7).

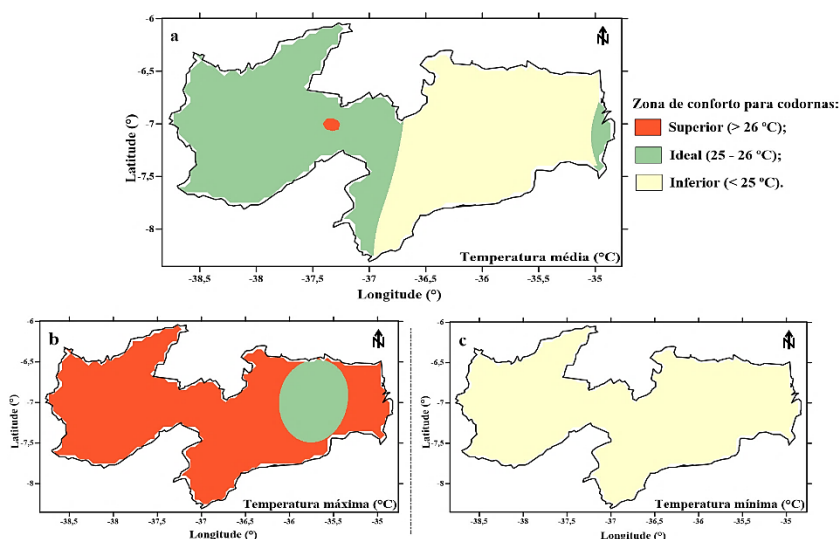


Figura 7: Temperatura de conforto térmico para codornas no período chuvoso na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima.

Na mesorregião do Agreste, o conforto só seria encontrado quando a temperatura máxima fosse levada em consideração, já que as temperaturas médias e mínimas estariam abaixo do preconizado. No Agreste, assim como nas demais mesorregiões, seria possível encontrar temperatura máxima superior ao ideal, enquanto que a mínima se apresentaria inferior em todo o estado.

Em situações de estresse térmico tornam-se necessários maiores cuidados com o acondicionamento dos animais, uma vez que, podem ocasionar desequilíbrio do sistema termorregulatório de aves (Costa *et al.*, 2012; Chan e Knight, 2018).

Como medidas mitigadoras para minimizar o estresse por calor em aves, têm-se a adequação na densidade populacional, que quando altas podem gerar piores condições atmosféricas do galpão, competição por espaço e alimento, redução do desempenho, intensificando ainda mais com a elevação da temperatura, além do resfriamento da água de

bebida, que resulta em uma diminuição da temperatura corporal, quando fornecida em temperatura entre 20 e 26 °C, trazendo efeitos positivos como maior peso corporal, melhor ganho de peso diário e menor conversão alimentar, ao passo que as temperaturas acima de 32°C ocasionam estresse intenso e perda de peso (Oliveira et al., 2014; Park et al., 2015; Farghly et al., 2018).

Em situações de baixa temperatura deve-se escolher materiais impermeáveis nas cortinas e o teto do galpão, diminuindo as perdas de calor interno, assim como o manejo das cortinas, baixando-as nos horários mais frios o que auxiliaria no acondicionamento dos animais, e nos horários mais quentes as cortinas das instalações seriam mantidas semiabertas, com intuito de aumentar a TA interna, permitindo também a renovação de ar no interior das instalações por meio da ventilação natural, além do uso dos lanternins que permite o efeito chaminé, onde o ar aquecido se elevaria e sai pelas aberturas superiores, promovendo a renovação de ar dentro da instalação (Costa *et al.* 2012; Lopes Neto, 2017; El Kholy *et al.* 2017; Santos *et al.* 2017).

Para a umidade relativa, o conforto estaria na transição entre Sertão e Borborema, as demais áreas necessitando de medidas corretivas para amenizar os efeitos da elevada umidade nos animais (Figura 8).

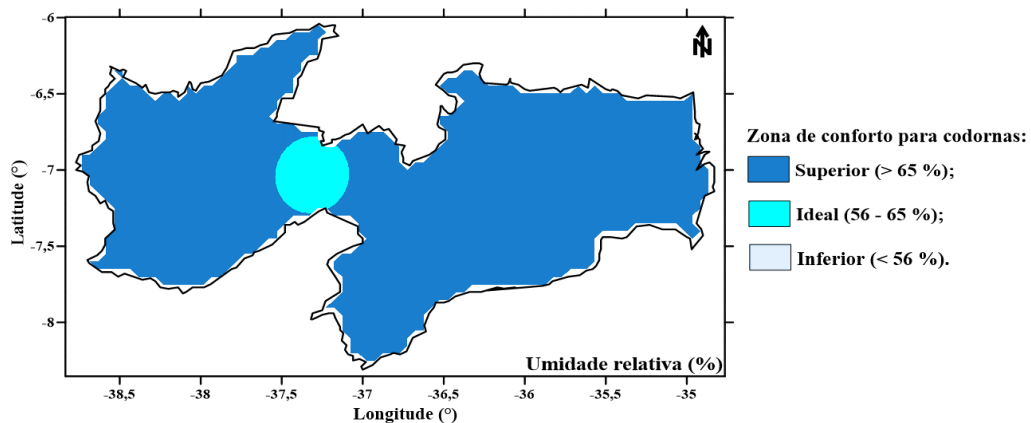


Figura 8: Faixa de umidade relativa preconizada para codornas no período chuvoso

A umidade relativa elevada dificulta a dissipação de calor corporal para o ambiente, com aumento na temperatura interna das aves e, conseqüentemente, diminuindo a produção. Dessa forma, apenas uma parte da energia ingerida através dos alimentos será convertida em produção, sendo o restante utilizado para a manutenção da homeotermia através dos processos físicos de condução, convecção e radiação (Baêta & Souza, 2010), além da evaporação respiratória.

Os dados registrados corroboram com os de Rodrigues *et al.* (2016), que ao avaliarem as variáveis fisiológicas e desempenho de codornas em Areia, mesorregião do Agreste paraibano, encontraram temperatura média de 23,4 °C, máxima de 25,0 °C e mínima de 21,9 °C, com umidade relativa média de 79%, sendo considerados fora da zona de conforto dos animais, causando estresse térmico. Sendo assim, pode-se afirmar que nesta mesorregião, os animais estão em desconforto tanto em relação a temperatura, quanto a umidade. Em relação aos dados de temperaturas média e máxima e umidade relativa, encontrados pelos autores, eles estão de acordo com os da série histórica, exceto a temperatura mínima, com 1,9 °C acima do registrado na série.

Com isso, a melhor área para criação de codornas dentro do estado da Paraíba no período chuvoso seria na área de transição entre Borborema e Sertão, tendo em vista que, as medidas corretivas para atingir a zona de conforto destes animais seriam menos complexas, pois a temperatura média e a umidade relativa estariam dentro da zona de conforto.

Período seco

Para criação de codornas no estado da Paraíba no período seco, as únicas temperaturas de conforto localizam-se na transição entre Sertão, Borborema e na Zona da Mata, nas demais mesorregiões, as temperaturas média, máxima e mínima se encontrariam fora do conforto (Figura 9).

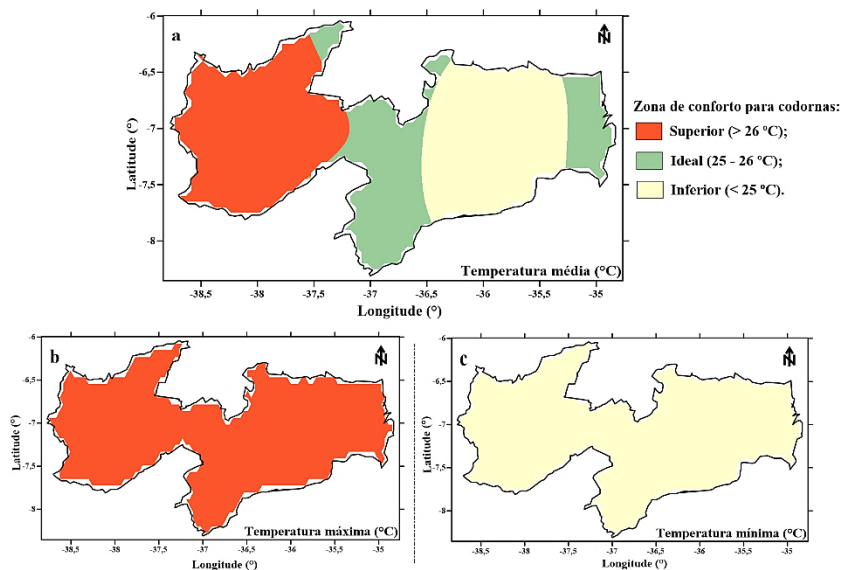


Figura 9: Temperaturas de conforto térmico para codornas no período seco na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima.

Em relação a umidade relativa do ar, o conforto seria observado no Sertão e na transição do Agreste com a Borborema, as áreas com valores inferiores e superiores aos preconizados para codornas, necessitariam de medidas corretivas para amenizar os efeitos da umidade relativa nos animais (Figura 10).

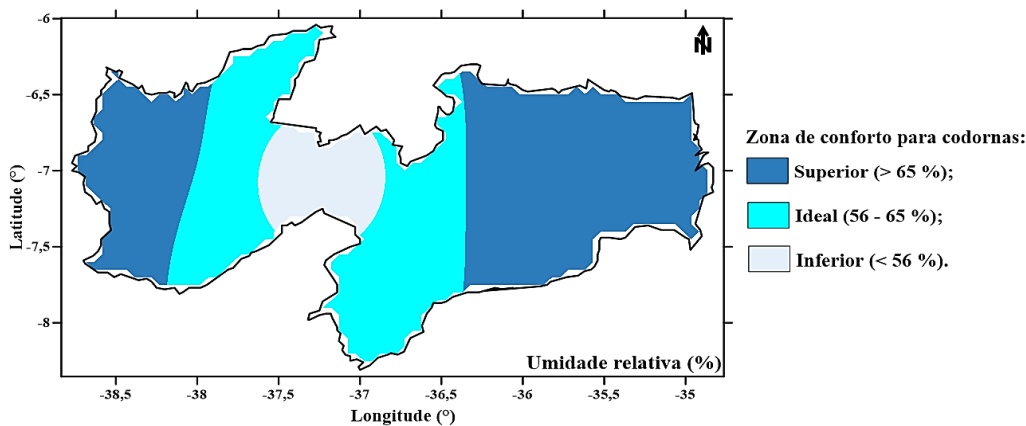


Figura 10: Faixa de umidade relativa preconizada para codornas no período seco

Os dados desse trabalho são semelhantes aos de Guimarães *et al.* (2014), que avaliando o efeito do período seco sobre o desempenho produtivo de codornas em Puxinanã, Agreste paraibano, encontraram temperatura média de 26,77 °C, máxima de 30,44 °C e mínima de 23,1 °C, com umidade relativa média de 68,5% e concluíram que, as variáveis estavam acima da zona de conforto térmico para as aves, situação comprovada pelo declínio produtivo dos animais.

Ao analisar isoladamente o ano de estudo dentro da série histórica, notou-se que os dados de temperatura média, máxima e mínima relatados por Guimarães *et al.* (2014), foram superiores aos obtidos na série para aquele ano na mesorregião do Agreste paraibano, enquanto que a umidade relativa média apresentou-se inferior, isso pode ser justificado em razão da menor quantidade de dados, apenas três meses.

Ao levar em consideração apenas a temperatura média e umidade relativa, a mesorregião com maior área apta a criação desses animais, sem modificações seria a Borborema, pois as variáveis proporcionariam conforto aos animais. Para as demais mesorregiões, seriam necessárias medidas corretivas para que os animais conseguissem produzir satisfatoriamente, o que exigiria maiores modificações nas instalações convencionais, com o intuito de garantir o conforto e a produtividade.

Novilhas bos indicus

Período chuvoso

De acordo com Baêta e Souza (2010), para novilhas, a zona de conforto térmico varia de 10 - 27 °C, com umidade relativa ideal entre 50 - 70%. Dessa maneira, para a criação de novilhas no estado da Paraíba, é possível visualizar temperatura média e mínima ideais em todo estado. Porém, a temperatura máxima na zona de conforto seria encontrada na mesorregião do Agreste e na Zona da Mata, exceto na região litorânea e Borborema em transição com o Agreste (Figura 11).

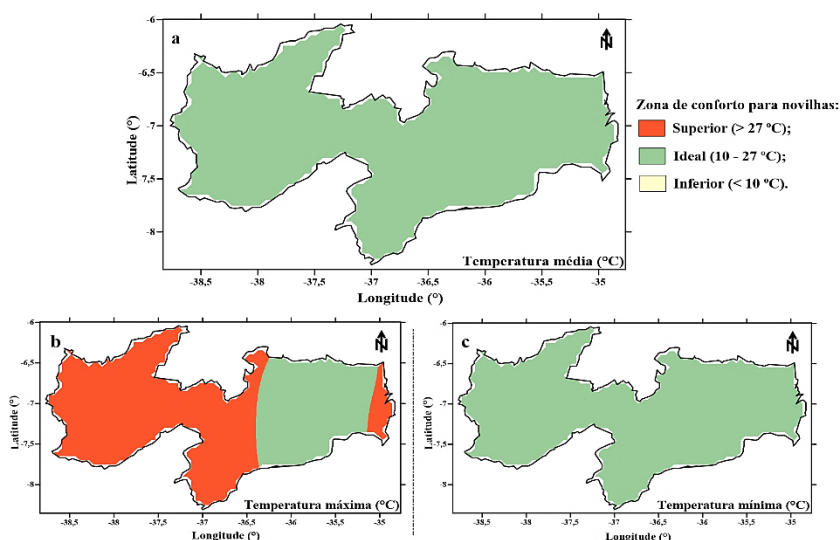


Figura 11: Temperatura de conforto térmico para novilhas no período chuvoso na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima

A mesorregião do Sertão apresentou desconforto em relação a temperatura máxima, por ser superior as preconizadas, desconforto também registrado na Borborema e em sua transição com o Agreste. Com o intuito de minimizar os efeitos do desconforto, existiria a necessidade de utilização de medidas mitigadoras para amenizar a temperatura máxima, na tentativa de proporcionar maior conforto para os animais à pasto, como o fornecimento de água em qualidade e quantidade adequadas (Oliveira *et al.*, 2016), áreas com sombreamento natural ou com sombrites (Lopes Neto, 2017).

Sobre a umidade relativa, as mesorregiões do Sertão e Borborema apresentariam valores de conforto dentro dos recomendados para novilhas, mas nas mesorregiões da Zona da Mata e Agreste os valores seriam superiores aos recomendados para os animais em todo o seu território (Fig. 12).

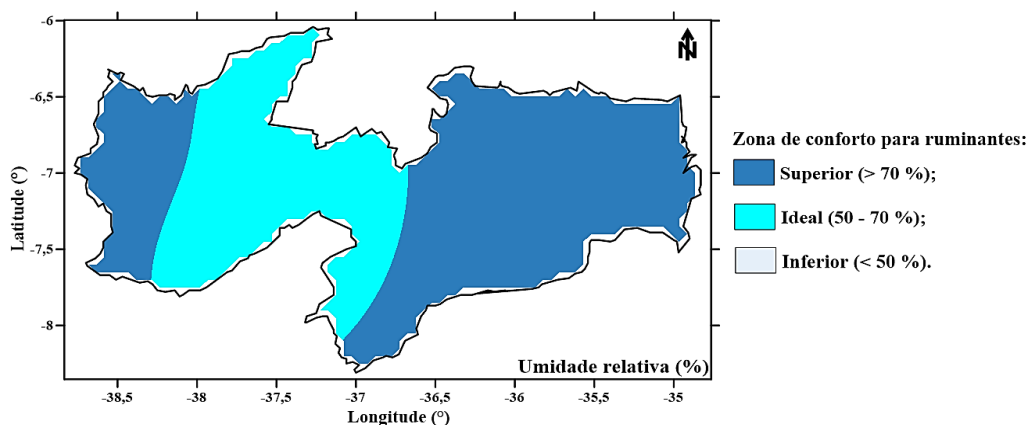


Figura 12: Faixa de umidade relativa preconizada para ruminantes no período chuvoso

Nesse sentido, uma solução para auxiliar na redução da umidade seria a utilização de instalações com aberturas amplas, facilitando a ventilação cruzada em seu interior diminuindo consequentemente, o efeito da alta umidade, promovendo ambientes salubres e confortáveis, aumentando a eficiência da produção (Lopes Neto 2017). Além disso, a instalação de ventiladores que permitem a circulação de ar minimizando os efeitos da alta umidade nas instalações (Sousa *et al.* 2016).

Avaliando respostas termorregulatórias de novilhas Sindi e Guzerá no município de Alagoinha, mesorregião do Agreste, no período chuvoso do ano de 2009, Fonseca *et al.* (2016) encontraram temperatura média de 26,6 °C, máxima de 29,8 °C e mínima de 23,3 °C, com umidade relativa média de 71,4%, onde as variáveis climáticas estiveram dentro de uma faixa considerada ideal para bovinos criados em regiões de climas quentes, uma vez que, não foram observadas perdas produtivas.

A temperatura máxima e umidade relativa do ar foram superiores aos valores informados por Baêta & Souza (2010), assim não se pode afirmar que os animais estavam em conforto apenas pela temperatura média e mínima, mesmo com a rusticidade e adaptação, podendo existir outras variáveis climatológicas que não estavam sendo levadas em consideração, como é o caso da radiação solar, que poderia demonstrar que os animais estariam na transição entre conforto e desconforto, mesmo sem perdas produtivas.

Os dados de temperatura percebidos por Fonseca *et al.* (2016), encontraram-se acima dos obtidos na série histórica para este período e a umidade relativa abaixo para a mesorregião do Agreste. As diferenças encontradas na comparação dos dados obtidos com a série, podem ser justificadas pela menor quantidade de dados coletados. Ao verificar especificamente, o ano de 2009, nota-se a mesma situação, uma análise com maior número de dados como é o caso da

série histórica, aumentaria a confiabilidade e poderia confirmar se os animais estiveram realmente em conforto térmico, pois, a temperatura máxima e umidade relativa foram superiores as consideradas ideais.

O zoneamento bioclimático permitiu definir que a mesorregião do Agreste seria a que possui condições ideais, em relação a temperatura, para a criação de novilhas, havendo apenas a necessidade de pequenos ajustes nas instalações para amenizar a alta umidade relativa. As demais mesorregiões também apresentariam condições favoráveis para a criação desses animais, todavia, exigem maiores gastos para que fiquem adequadas as condições ideais e como as modificações não possuem tanta complexidade, a criação seria viável em todo o estado da Paraíba.

Período seco

Na criação de novilhas no período seco no estado da Paraíba, as temperaturas média e mínima seriam ideais para criação destes animais, enquanto que a temperatura máxima estaria fora do conforto em todo o estado (Figura 13).

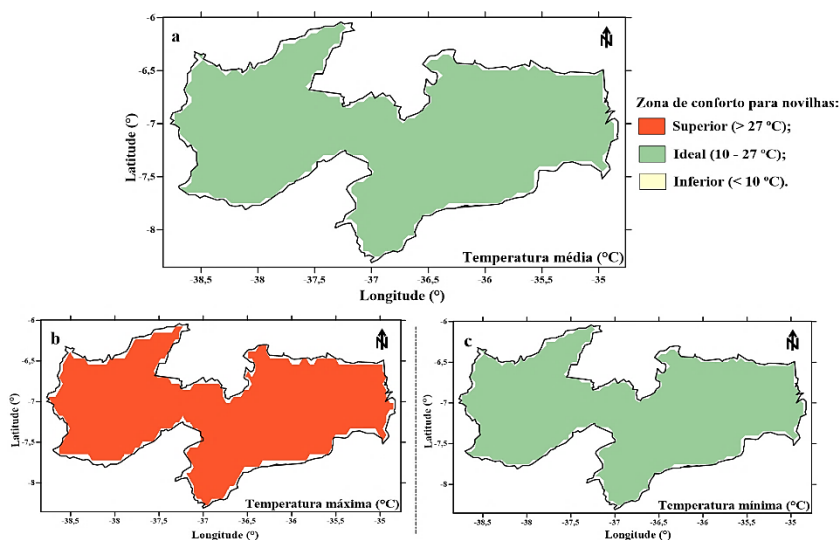


Figura 13: Temperatura de conforto térmico para novilhas no período seco na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima

Por isso, seria necessário a aplicação de medidas corretivas para amenizar a temperatura máxima para animais criados à pasto, na tentativa de proporcionar maior conforto neste período, como o fornecimento de água, o sombreamento natural ou sombrites que poderiam auxiliar na diminuição do estresse térmico nos horários de temperatura mais elevadas (Oliveira *et al.*, 2016; Lopes Neto, 2017).

Nos animais em confinamento, o desconforto ocasionado pelas altas temperaturas poderia ser minimizado através da aspersão de água sobre o telhado, que possibilitaria a redução da temperatura da telha e, conseqüentemente, da carga térmica radiante, além da arborização circundante que ajudaria a reduzir e controlar a incidência de radiação solar direta e altas temperaturas (Costa *et al.*, 2012; Lopes Neto, 2017).

Em relação à umidade relativa, a faixa de conforto recomendada para ruminantes estaria no Sertão, Agreste e em toda Borborema e, em toda Zona da Mata e em algumas áreas do Agreste e Sertão a umidade estaria de 3 - 6% acima do conforto, mas as medidas mitigadoras sugeridas anteriormente, com o intuito de solucionar a problemática da variável, poderiam ser adotadas (Figura. 14).

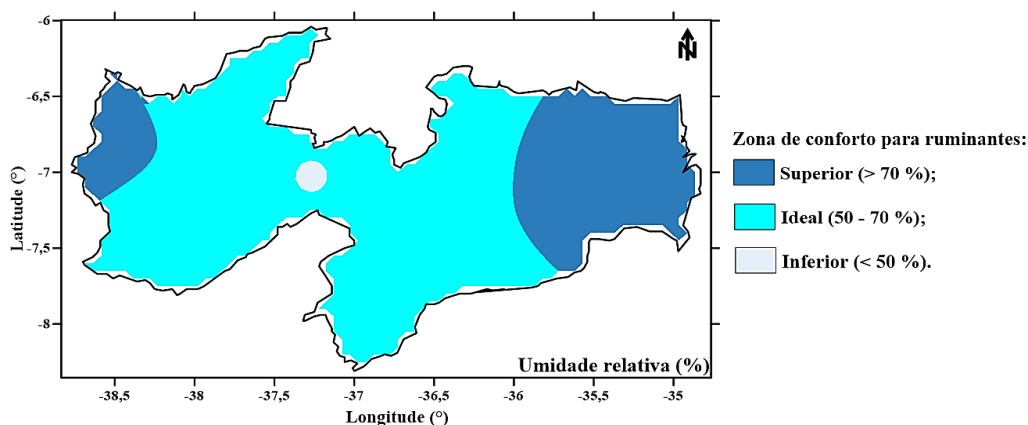


Figura 14: Faixa de umidade relativa preconizada para ruminantes no período seco

De acordo com o zoneamento bioclimático, as novilhas poderiam ser criadas em todo estado da Paraíba no período seco, no entanto, seriam necessários ajustes para amenizar as elevadas temperaturas em todas as mesorregiões, assim como a umidade no Agreste, Sertão e em toda Zona da Mata, o que exigiria maiores modificações para adequar-se as condições ideais neste período.

CONCLUSÕES

As codornas estariam em condições favoráveis na mesorregião da Zona da Mata, na Borborema em transição com o Agreste e Sertão, por possuírem áreas confortáveis no período seco. No período chuvoso o conforto seria nas mesorregiões do Sertão, da Borborema e Zona da Mata. As demais mesorregiões necessitariam de pequenos ajustes para minimizar o estresse por calor, a exemplo da adequação da densidade populacional, resfriamento da água de bebida

e utilização dos lanternins. Buscando minimizar o frio poderia manejar as cortinas e optar por utilizar materiais impermeáveis nas mesmas e no teto do galpão.

A criação de novilhas seria viável em todas as mesorregiões do estado da Paraíba em ambos os períodos, exigindo pequenas medidas corretivas como a utilização sombreamento natural ou sombrites para animais em pasto e utilização de instalações com aberturas amplas, facilitando a ventilação natural, aspersão de água sobre o telhado e arborização circundante para animais em confinamento.

REFERÊNCIAS

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek, G (2013) Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22:711-728.
- Baêta FC & Souza CF (2010) *Ambiência em edificações rurais: Conforto animal*. 2º ed. Viçosa, Brasil. 269 p.
- Bonfim DS, Melo SA (2015) Influência do ambiente na criação de codornas de corte: Revisão. *PUBVET*, 9:174-181.
- Costa SEM, Dourado LRB, Merval RR (2012) Medidas para avaliar o conforto térmico em aves. *PUBVET*, 6:1450-1454.
- Chan LT, Knight ZA (2018) Regulation of body temperature by nervous system. *Neuron*, 98:31-43.
- El- Kholi MS, El-Hindawy MM, Alagawany M, El-Hack MEA, El-Gawad SA, El-Sayed A EH (2017) Dietary Supplementation of Chromium Can Alleviate Negative Impacts of Heat Stress on Performance, Carcass Yield, and Some Blood Hematology and Chemistry Indices of Growing Japanese quail. *Biological Trace Element Research* 179:148–157.
- Farghly MFA, Mahrose KHM, Galal AE, Reham MA, Enas AMA, Rehman Z, Ding C (2018) Implementation of different feed withdrawal times and water temperatures in managing turkeys during heat stress. *Poultry Science*, 97:3076–3084.
- Ferreira SF, Freitas Neto MDF, Pereira MLR, Melo AHF, Oliveira LG (2013) Fatores que afetam o consumo alimentar de bovinos. *Arquivos de Pesquisa Animal*, 2:9-19.
- Fonseca WJL, Azevêdo DMMR, Campelo JEG, Fonseca WL, Luz CSM, Oliveira MRA, Evangelista AF, Borges LS, Sousa Júnior SC (2016) Effect of heat stress on milk production of goats from Alpine and Saanen breeds in Brazil. *Archivos de Zootecnia*, 65:615-621.

- Francisco PRM, Medeiros RM, Santos D, Matos RM (2015) Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8:1006-1016.
- Inmet (2017) Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 26 de out. 2018.
- IPCC - Climate Change (2013) *The Physical Science Basis. Working group I contribution to the fifth assessment report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>. Acesso em 26 de dezembro de 2019.
- Lopes Neto JP (2017). *Construções e Instalações Rurais*. 1ª ed. Brasília, 138 p.
- Mendes AMP, Azevedo M, Lopes PMO, Moura GBA (2014) Zoneamento bioclimático para a raça ovina Dorper no Estado de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49:986-993.
- Nobrega JN, Santos CAC, Gomes OM, Bezerra BG, Brito JIB (2014) Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos tropicais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29:197-208.
- Oliveira D, Nascimento JWB, Camerini NL, Silva RC, Furtado DA, Araujo TGP (2014) Desempenho e qualidade de ovos de galinhas poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18:1186–1191.
- Oliveira JPCA, Gonçalves LC, Jayme DG, Diniz THF, Pires FPAA, Côrtes IHG, Cruz DSG, Santos D, Moura AM (2016) Considerações sobre o consumo de água por bovinos – Estresse térmico, produção e temperatura ambiente. *Revista Eletrônica Nutri-time*, 13:4524-4528.
- Park SO, Park BS, Hwangbo J (2015) Effect of cold water and inverse lighting on growth performance of broiler chickens under extreme heat stress. *J. Environ. Biol.*, 36:865–873.
- Ribeiro MN, Ribeiro NL, Bozzi R, Costa RG (2018) Physiological and Biochemical blood variables of goats subjected to heat stress – a review. *Journal of Applied Animal Research*, 4:1036–1041.
- Rodrigues LR, Furtado DA, Costa FGP, Nascimento JWB, Cardoso EA (2016) Thermal comfort index, physiological variables and performance of quails fed with protein reduction. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20:378-384.
- Salama AAK, Caja G, Hamzaoui S, Badaoui B, Castro-Costa A, Façanha DAE, Guilhermino MM, Bozzi R (2014) Different levels of response to heat stress in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 121:73–79.

Santos TC, Gates RS, Tinôco IFF, Zolnier S, Baêta FC (2017) Behavior of japanese quail in different air velocities and air temperatures. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52:344-354.

Sousa MS, Tinôco IFF, Barreto SLT, Amaral AG, Pires LC, Ferreira AS (2014) Determinação de limites superiores da zona de conforto térmico para codornas de corte aclimatizadas no Brasil de 22 a 35 dias de idade. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15:350-360.

Artigo 2

Zoneamento bioclimático para pequenos ruminantes nas mesorregiões do estado da Paraíba, Brasil

(Editado conforme normas da Revista Acta Scientiarum Animal Sciences)

Zoneamento bioclimático para pequenos ruminantes nas mesorregiões do estado da Paraíba, Brasil

RESUMO. Com base na série histórica, do período de 1961 - 2015, das variáveis climáticas temperatura média, máxima, mínima e umidade relativa do ar coletadas em seis estações meteorológicas no estado da Paraíba-Brasil, objetivou-se realizar o zoneamento bioclimático para pequenos ruminantes e, a partir do zoneamento, observar se os animais estariam ou não em conforto térmico, comparando aos resultados da literatura nos períodos chuvoso e seco, sendo explanados em mapas de distribuição espacial. A partir disso, concluiu-se que, todas as mesorregiões do estado da Paraíba estariam aptas para criação de ovinos no período chuvoso, necessitando apenas de medidas corretivas para amenizar a elevada temperatura máxima na mesorregião do Sertão e Borborema. No período seco mitigar a temperatura máxima nas mesmas mesorregiões, com a utilização de sombreamento natural ou artificial e fornecimento de água em quantidade e qualidade adequadas. As medidas mitigadoras precisam ser aplicadas para o controle da alta umidade em todas as mesorregiões no período chuvoso e na Zona da Mata no período seco, por meio da utilização de instalações suspensas. Para criação de caprinos, todas as mesorregiões estariam disponíveis, necessitando de medidas corretivas no período chuvoso nas mesorregiões da Borborema e Sertão para suavizar a temperatura máxima e alta umidade relativa e, no período seco as mesmas mesorregiões apresentariam temperaturas superiores as preconizadas, com temperaturas mínimas inferiores ao estabelecido, seriam observadas na Borborema e Agreste, podendo os animais serem abrigados em instalações fechadas.

Palavras chave: Bem-estar; Caprinovinocultura; Conforto ambiental; Mapeamento.

Introdução

A pecuária desempenha um papel importante no semiárido brasileiro, sobretudo, na criação de pequenos ruminantes. Devido às variações climáticas existentes em cada região, o conforto térmico deve ser uma das preocupações, tendo em vista que, os consumidores estão cada dia mais exigentes, optando por adquirir produtos de origem animal que apresentem certificação de bem-estar dos animais durante todo o ciclo de vida até o abate (Azevedo et al., 2020).

As condições de criação animal podem afetar a adaptação ao meio, assim como o seu bem-estar, além dos fatores ambientais externos e microclimas, quando não controlados adequadamente, podem promover estresse térmico, exercendo efeitos negativos nos animais desafiando-os na manutenção do equilíbrio corporal, diminuindo a produção e gerando prejuízos econômicos (Salama et al., 2014; Leite et al., 2017; Ribeiro et al., 2018; Lima et al., 2019).

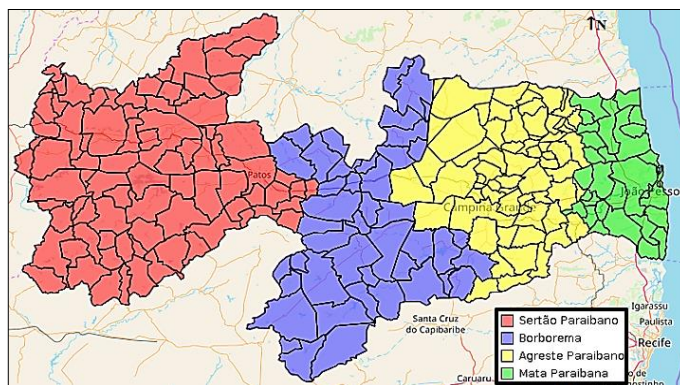
Com intuito de identificar os impactos ambientais negativos e positivos para criação de pequenos ruminantes, existindo a necessidade de estudos bioclimatológicos, pois, contribuem com a seleção de regiões mais adequadas tornando-se assim, um instrumento importante para auxiliar os produtores na escolha dos meios mais adequados de acondicionamento térmico das instalações (Pastal et al., 2015; Tavares et al., 2016; Oliveira et al., 2018).

Diante disso, o trabalho objetivou a realização do zoneamento bioclimático a partir da série histórica das variáveis climáticas temperatura média, máxima, mínima e umidade relativa coletadas em seis estações meteorológicas convencionais no estado da Paraíba-Brasil, para só então determinar se os animais estariam ou não em conforto térmico, em comparação com os resultados de pesquisas científicas nas mesorregiões paraibanas nos períodos chuvoso e seco.

Material e métodos

Área de estudo

O zoneamento localizou-se para o estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil, que apresenta uma área de 56.440 km² correspondente a 0,662% do território nacional. Seu posicionamento está entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18" de latitude sul, e os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45" de longitude oeste. Segundo Nóbrega et al. (2014), o estado da Paraíba está dividido em quatro mesorregiões distintas: Zona da Mata paraibana; Agreste paraibano; Borborema e Sertão paraibano (Figura 1).



Fonte: Aesa, 2018.

Figura 1. Mesorregiões do estado da Paraíba

Classificação Climática de Köppen para as mesorregiões do estado da Paraíba

A Paraíba apresenta quatro tipos de clima sendo eles, o Aw (451,52 km²), caracteriza a região como tropical com período seco no inverno; Am (677,28 km²), característico de regiões monçônicas, é o clima relacionado às regiões de alto volume anual de precipitação, como é o caso da Zona da Mata paraibana; o tipo climático As (32.340,12 km²), encontrado na Zona da Mata paraibana, Agreste e Sertão paraibano e por fim, o Bsh (22.971,08 km²), que se estende por toda mesorregião da Borborema, e parte do Sertão paraibano (Francisco et al., 2015; Alvares et al., 2013).

Variáveis climáticas

Os dados climáticos são das estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do governo federal, estando os dados disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), cujas variáveis abrangem valores mensais de temperatura média, máxima e mínima (°C) e umidade relativa (UR, %), no período de 1961 - 2015, com postos em Areia, Campina Grande, João Pessoa, Monteiro, Patos e São Gonçalo (Figura 2).

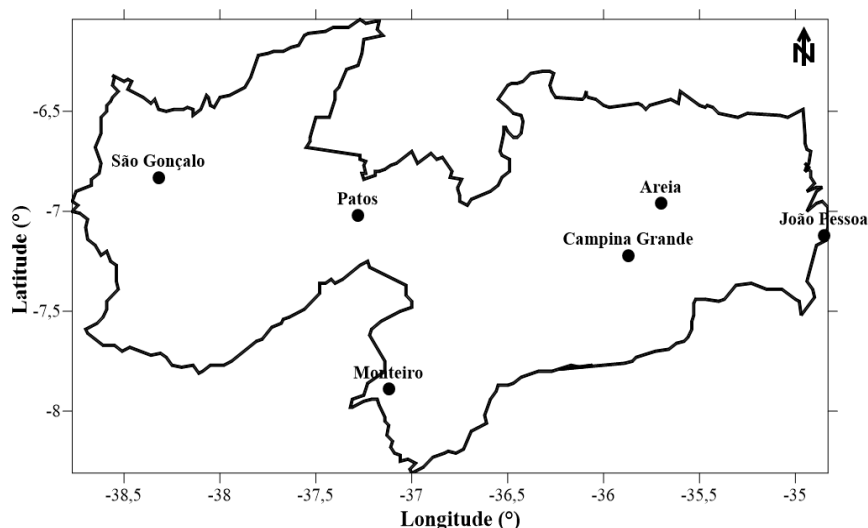


Figura 2. Localização dos postos meteorológicos

Processamento dos dados

A partir dos dados mensais de temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa, criou-se mapas com a distribuição espacial dessas variáveis climáticas para o estado da Paraíba, com o auxílio do software Surfer® versão demo 13.6. A interpolação dos dados foi feita pelo método de krigagem.

O estudo foi dividido em dois períodos distintos: chuvoso e seco. Como a região nordeste e, dessa forma, o estado da Paraíba não possui estações definidas existindo apenas os períodos chuvoso e seco, que foram definidos para essa pesquisa como sendo os quatro meses mais e menos chuvosos da série histórica pluviométrica, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Meses mais chuvosos e secos para as estações em estudo.

Estação meteorológica	Período	Chuvoso	Seco
João Pessoa	1961 – 2015	Abril – Julho	Setembro – Dezembro
Areia	1974 – 2015	Abril – Julho	Setembro – Dezembro
Campina Grande	1961 – 2015	Abril – Julho	Setembro – Dezembro
Monteiro	1962 – 2015	Fevereiro – Maio	Agosto – Novembro
Patos	1976 – 2015	Janeiro – Abril	Agosto – Novembro
São Gonçalo	1961 – 2015	Janeiro – Abril	Agosto – Novembro

Análise da relação dos animais com o ambiente

Após a elaboração dos mapas de distribuição espacial das variáveis climáticas, temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa, para todas as mesorregiões do estado da Paraíba, foram coletados os resultados de pesquisas científicas, com ovinos e caprinos para avaliar os valores encontrados nas pesquisas e validar se os animais estavam ou não em conforto térmico dentro de cada mesorregião analisada. Posteriormente, observou-se a zona de conforto

preconizada na literatura para a criação dos animais para, por fim, realizar o zoneamento bioclimático, constatando a (s) mesorregião (ões) dentro do estado da Paraíba, Brasil, que seriam mais adequada (s) para a criação de cada um deles. As espécies foram escolhidas pelo fato de serem os animais de produção mais estudados em pesquisas científicas que abrangem essas mesorregiões, além de apresentarem alto potencial de criação.

Resultados

Distribuição espacial das variáveis climáticas no período chuvoso

A temperatura média varia de 23 - 25 °C na Zona da Mata paraibana, 22 - 24 °C no Agreste paraibano, 22 - 26 °C na Borborema e 25 - 27 °C no Sertão paraibano, a temperatura máxima varia de 27 - 29 °C, 25 - 28 °C, 27 - 31 °C e 30 - 31 °C, respectivamente, na Zona da Mata paraibana, Agreste, Borborema e Sertão, enquanto a mínima varia entre 20 - 21 °C na Zona da Mata, 19 - 20 °C no Agreste, 18 - 20 °C na Borborema e 19 - 21 °C no Sertão (Figura 3).

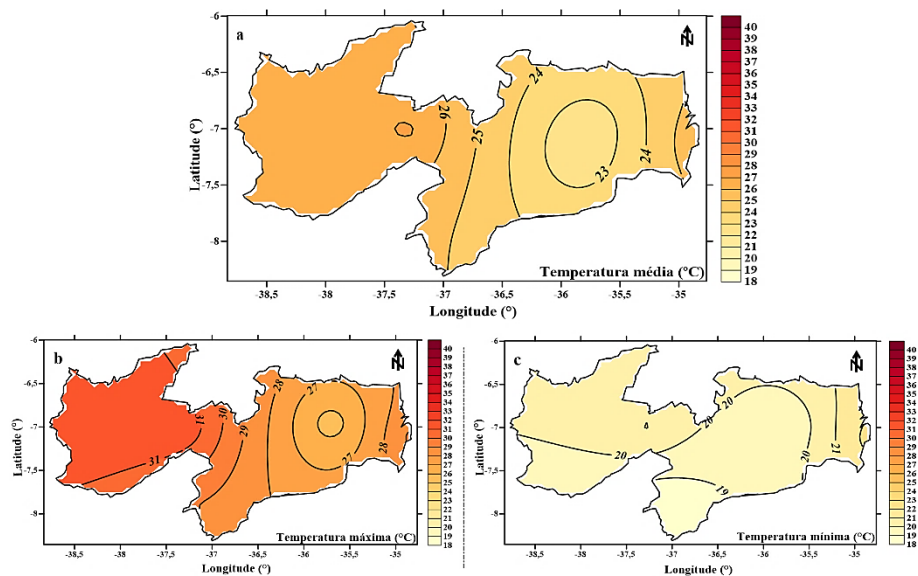


Figura 3. Temperatura para o período chuvoso na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima

A umidade relativa do ar no período chuvoso na Zona da mata varia de 79 - 82%, essa variação no Agreste é de 76 - 82 %, na Borborema de 64 - 79% e no Sertão de 64 - 76% (Figura 4).

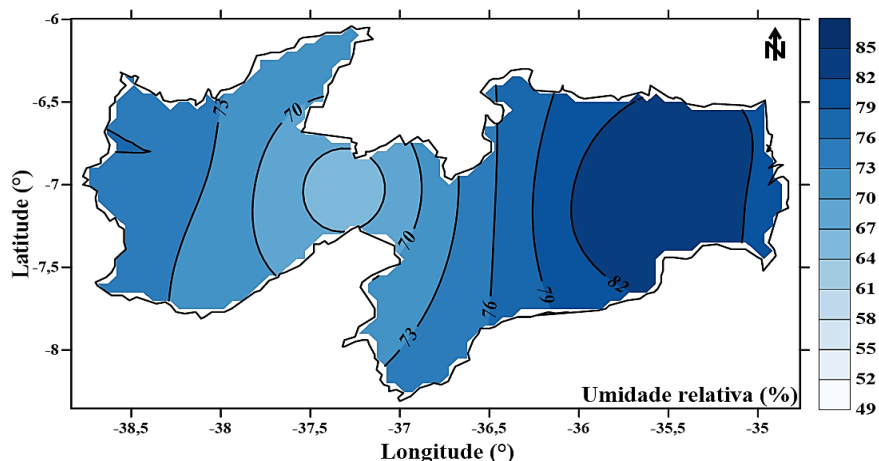


Figura 4. Umidade relativa para o período chuvoso no estado da Paraíba

Distribuição espacial das variáveis climáticas no período seco

A temperatura média durante o período seco varia de 24 - 26 °C na Zona da Mata, 23 - 24 °C no Agreste, 23 - 27 °C na Borborema e 26 - 27 °C no Sertão, a temperatura máxima de 28 - 29 °C, 28 - 31 °C, 29 - 34 °C e 33 - 35 °C, respectivamente, na Zona da Mata, Agreste, Borborema e Sertão, e a mínima varia 20 - 23 °C na Zona da Mata, 19 - 21 °C no Agreste, 19 - 21 °C na Borborema e 20 - 21 °C no Sertão (Figura 5).

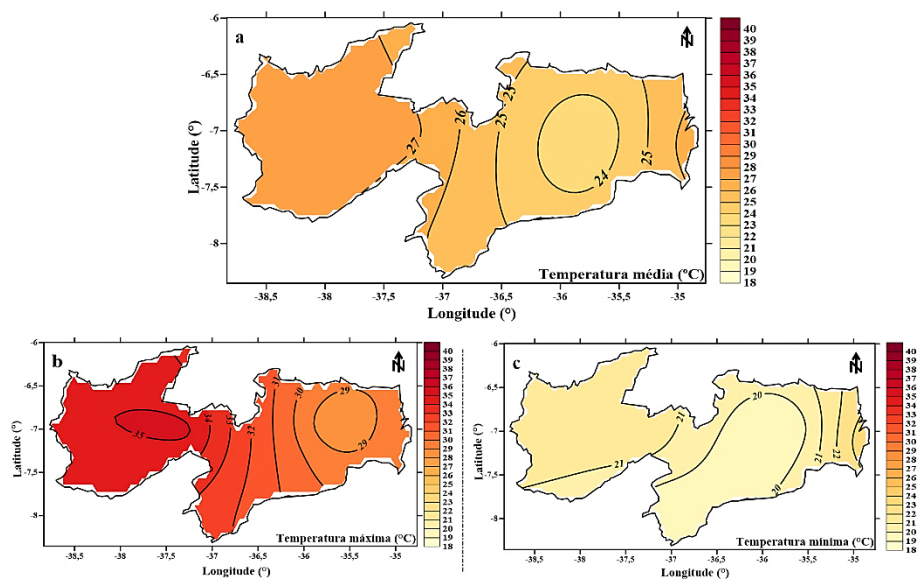


Figura 5. Temperatura para o período seco na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima

A umidade relativa no período seco na Zona da Mata fica em torno de 73%, no Agreste de 64 - 76%, na Borborema de 52 - 72% e no Sertão paraibano de 49 - 73% (Figura 6).

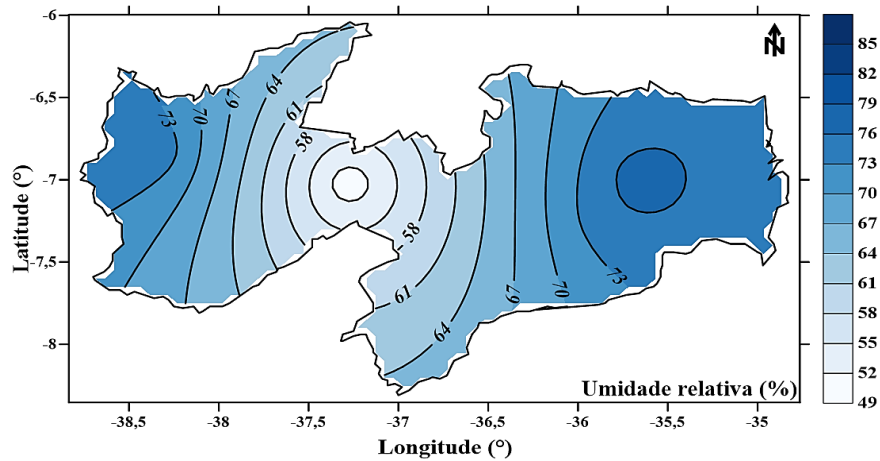


Figura 6. Umidade relativa para o período seco no estado da Paraíba

Discussão

Período chuvoso

Ovinos

Para ovinos adultos é preconizada a faixa de temperatura de 15 - 30 °C, com umidade relativa de 50 - 70% (Baeta e Souza, 2010). Assim, para a criação no estado da Paraíba, as temperaturas média e mínima estariam dentro da zona de conforto, mas a temperatura máxima, seria superior na transição entre as mesorregiões da Borborema e do Sertão, podendo ser possível encontrar áreas de conforto nessas mesorregiões, principalmente, na Borborema (Figura 7).

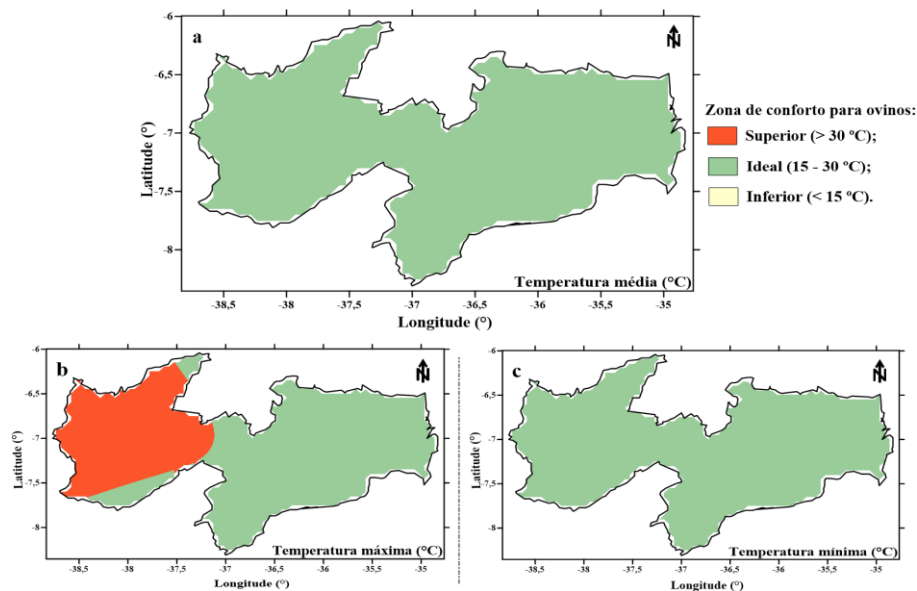


Figura 7. Temperaturas de conforto térmico para ovinos no período chuvoso na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima.

Contudo, não existiria a necessidade de grandes modificações para as duas mesorregiões que se encontrariam acima da zona de conforto em relação a temperatura máxima, por ser uma variação de apenas 1 °C acima do conforto para ovinos, não representando perigo para eles, uma vez que, as modificações primárias, como a utilização de sombreamento natural, auxiliariam na redução do efeito da insolação direta, proporcionando conforto para os animais à pasto.

Em relação a umidade relativa, as mesorregiões do Sertão e da Borborema apresentariam valores dentro do conforto estabelecido para ovinos. Já a situação de altas umidades relativas seria encontrada na Zona da Mata, Agreste, no Sertão e Borborema (Figura 8).

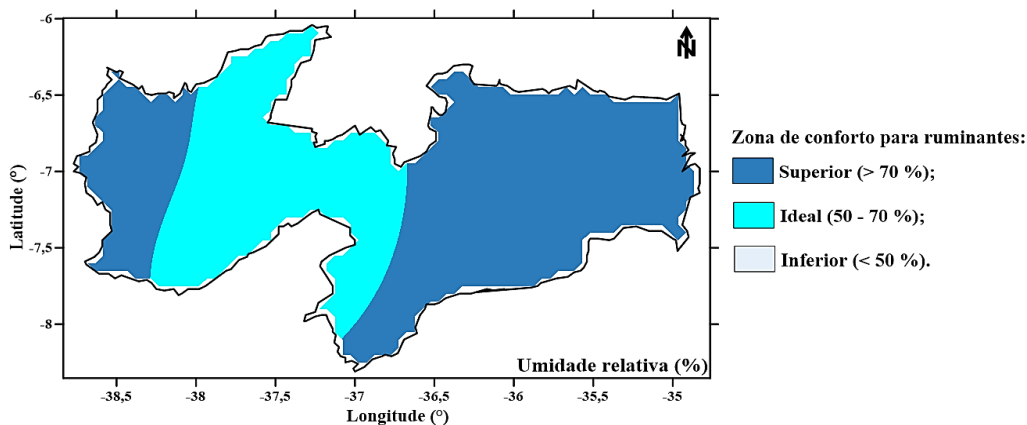


Figura 8. Faixa de umidade relativa preconizada para ruminantes no período chuvoso

Uma solução viável seria a utilização de instalações suspensas (Lopes Neto, 2017), que além de facilitar o manejo sanitário, sem causar estresse aos animais, pode auxiliar na redução da umidade no interior, já que os animais não ficariam em contato direto com o solo, reduzindo assim, os efeitos da umidade elevada e, conseqüentemente, seriam protegidos contra microrganismos patogênicos.

Os autores Silva et al. (2018), ao realizarem experimento com ovinos das raças Santa Inês e Dorper avaliando a adaptabilidade no período chuvoso em Caturité, mesorregião da Borborema, encontraram temperatura média de 27,5 °C, máxima de 34,2 °C e mínima de 20,8 °C, com umidade relativa de 66,9%. De acordo eles, a temperatura máxima ultrapassou a zona de conforto térmico dos animais, porém os ovinos mantiveram os comportamentos naturais demonstrando adaptabilidade às condições climáticas da localidade.

Ao verificar o ano de estudo em particular na série, percebe-se que os dados de temperatura encontrados por Silva et al. (2018) estão acima dos obtidos na série histórica para este período, enquanto que, a umidade relativa apresentou-se dentro dos valores, mas, acima em relação a análise referente ao ano de estudo, sendo necessária, portanto, uma análise mais criteriosa dos dados. Por isso, não é correto afirmar que os animais estavam em conforto, por existir a probabilidade do animal estar na transição entre conforto e desconforto, pois, mesmo com a rusticidade e tolerância que possuem às temperaturas mais elevadas, ocorreram momentos onde a mesma estava acima do preconizado, tornando-se necessário uma avaliação detalhada de outros fatores físicos ou ambientais que estariam colaborando para o possível desconforto desses animais.

Nobre et al. (2016) estudando o desempenho produtivo e termorregulação de ovinos em Patos, mesorregião do Sertão paraibano, encontraram temperatura média de 26,8 °C, máxima de 32,9 °C e mínima de 20,8 °C com umidade relativa média de 61%, e concluíram que, os animais estavam em estresse térmico, principalmente, pelas elevadas temperaturas e umidade relativa no período da tarde, sendo demonstrado pela elevação das variáveis fisiológicas.

No entanto, as temperaturas média e mínima e umidade relativa encontraram-se dentro do conforto (Baêta e Souza, 2010) existindo a necessidade da análise de outros fatores que poderiam estar acarretando desconforto, visto que, a temperatura máxima pode ser amenizada com pequenas medidas corretivas, como o sombreamento natural ou até mesmo artificial.

Os dados de temperatura média e mínima observados por Nobre et al. (2016) estão dentro dos obtidos na série histórica para o Sertão, enquanto a temperatura máxima foi de 1,9 °C acima do valor registrado no presente trabalho. A umidade relativa coletada estava 3% abaixo em

relação a série. As diferenças verificadas na comparação dos dados dos autores com a série histórica podem ser justificadas pela menor quantidade de dados analisados nos estudos.

A partir do Zoneamento bioclimático, foi possível identificar que todas as mesorregiões do estado da Paraíba estariam aptas para criação de ovinos no período chuvoso, necessitando apenas de medidas corretivas para amenizar a temperatura máxima na mesorregião do Sertão e na transição da mesma com a Borborema e, conseqüentemente, melhoraria a umidade relativa em todas as mesorregiões, pois se observaria apenas valores ideais na Borborema e no Sertão.

Caprinos

Para a criação de caprinos no período chuvoso no estado da Paraíba, a temperatura média estaria dentro do conforto em todo estado. A temperatura mínima confortável seria encontrada em toda a mesorregião da Zona da Mata, e na transição do Agreste com Zona da Mata, Borborema e Sertão. A máxima estaria desconfortável no Sertão, pois nas demais mesorregiões predominaria o conforto térmico (Figura 9).

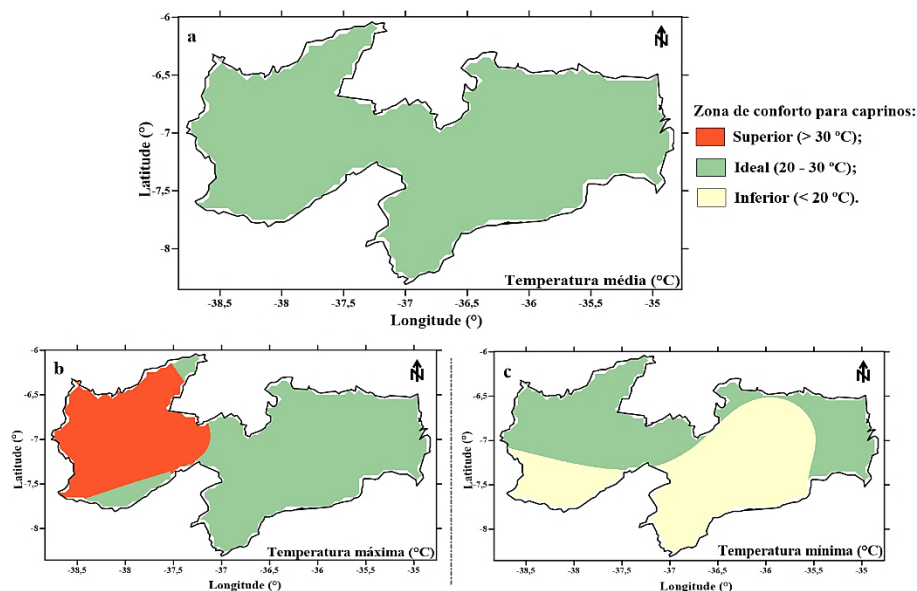


Figura 9. Temperaturas de conforto térmico para caprinos no período chuvoso na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima

Em relação a umidade relativa, a faixa preconizada para os animais é a mesma para ovinos adultos, como pode ser resgatada na Figura 7, sendo assim, poderiam ser adotadas as mesmas medidas corretivas mencionadas anteriormente, as quais seriam mínimas para que os animais conseguissem manter sua homeotermia.

Nesse viés, a Zona da Mata e parte do Agreste seriam as mesorregiões mais aptas para criação de caprinos neste período. As demais apenas após passarem por medidas corretivas para

amenizar a temperatura máxima e diminuir a umidade relativa apresentariam condições ideais, tornando viável a criação em todo o estado da Paraíba.

Período seco

Ovinos

No período seco no estado da Paraíba, as temperaturas média e mínima estariam dentro do conforto para ovinos, a mesma situação em relação a temperatura máxima ocorreria nas mesorregiões da Zona da Mata paraibana, Agreste e em sua transição com a Borborema; nas demais áreas seriam encontradas temperaturas superiores para a criação (Figura 10).

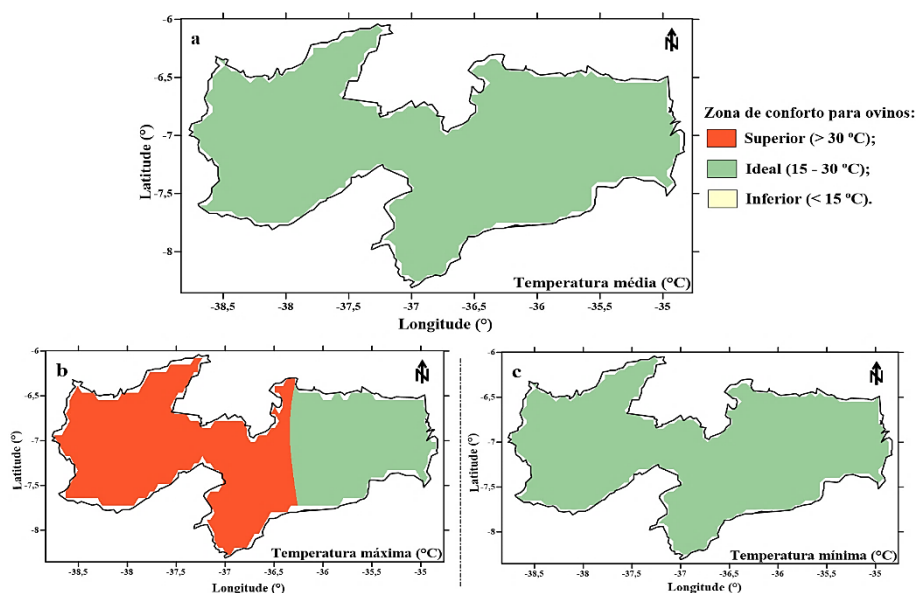


Figura 10. Temperaturas de conforto térmico para ovinos no período seco na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima

A temperatura máxima estaria 2 - 5 °C acima do conforto preconizado para os ovinos necessitando de modificações como oferecimento de sombra, técnica eficiente para melhorar o conforto térmico, reduzindo a carga térmica incidente diretamente nos animais. Outra técnica para minimizar o estresse térmico seria o fornecimento de água em quantidade e qualidade adequadas (LOPES NETO, 2017).

Em relação a umidade relativa, as mesorregiões do Sertão, Borborema e Agreste registrariam valores dentro do conforto preconizado para os ovinos. A alta umidade ocorreria na Zona da Mata, assim como em áreas do Agreste e Sertão, com valores de 3 - 6 % acima do conforto para estes animais. Com o intuito de minimizar os efeitos deletérios, as mesmas medidas sugeridas para ovinos no período chuvoso em relação a elevada umidade relativa poderiam ser adotadas (Figura 11).

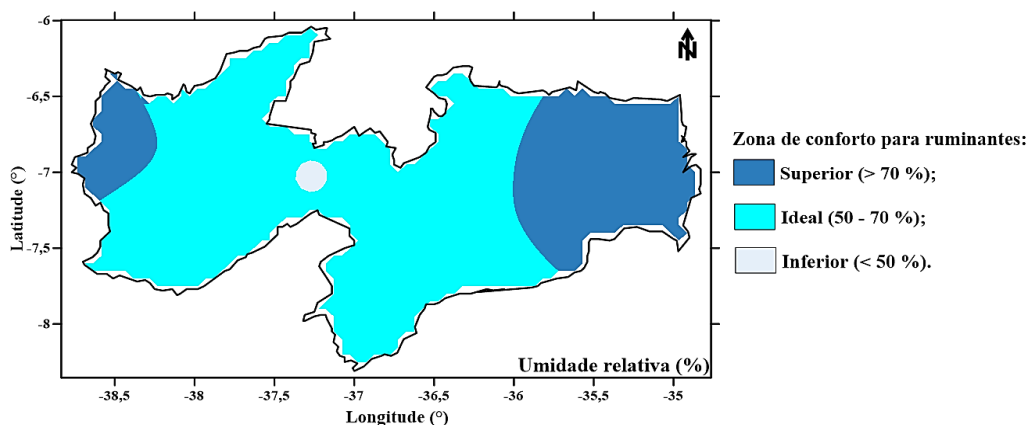


Figura 11. Faixa de umidade relativa preconizada para ruminantes do período seco

Santos et al. (2017) em pesquisa avaliando o comportamento sexual de ovinos da raça Morada Nova em São João do Cariri, mesorregião da Borborema, observaram temperatura média de 28,6 °C, máxima de 32,7 °C e mínima de 24,4 °C e umidade relativa do ar de 46,1%, encontrando-se acima da zona de conforto térmico, podendo tais mudanças climáticas terem afetado o comportamento sexual dos machos, pois ocorre uma redução em climas quentes.

As temperaturas média e mínima observadas pelos autores durante o período experimental estão acima das obtidas no presente trabalho, já a temperatura máxima está dentro dos valores da série histórica, enquanto a umidade relativa encontra-se 5,9% inferior para o período na mesorregião.

Dantas et al. (2019) estudando as variáveis fisiológicas em ovinos em Patos, mesorregião do Sertão paraibano no ano de 2015, encontraram temperatura média de 32,3 °C, máxima de 35,3 °C e mínima de 29,4 °C e umidade média de 48,2%, sendo valores considerados pelos autores como acima da zona de conforto. Porém os grupos genéticos estudados apresentaram-se adaptados e tolerantes às condições climáticas. Os dados encontrados pelos pesquisadores diferem dos dados obtidos na série histórica para a mesorregião e também dos dados registrados no ano de 2015 em avaliação mensal.

Essas diferenças observadas na comparação de dados podem ser justificadas pela menor quantidade de dados registrados pelos autores, já que eles avaliaram as informações de um mês dentro de um ano isoladamente, tornando assim, necessária uma análise com maior número de dados para proporcionar maior confiabilidade ao trabalho e assim, indicar que os animais conseguiram adaptar-se as condições climáticas, dado que houve momentos onde a temperatura esteve acima do ideal para estes animais.

Diante do zoneamento bioclimático para o período seco, todas as mesorregiões do estado da Paraíba estariam aptas para criação de ovinos, e necessitariam apenas de pequenas medidas corretivas que amenizassem a temperatura máxima nas mesorregiões do Sertão, Borborema e em áreas do Agreste e a umidade relativa na Zona da Mata, Agreste e Sertão.

Caprinos

Para a criação de caprinos no período seco no estado da Paraíba, se identificaria temperatura média dentro do conforto para estes animais, a mínima estaria na zona de conforto em algumas mesorregiões do estado da Paraíba, exceto na Borborema e Agreste, que teriam temperatura 1 °C inferior, podendo se resolver ao abrigar os animais em instalações fechadas no momento de temperaturas mais baixas, pois evitaria o fluxo das correntes de ar (Figura 12).

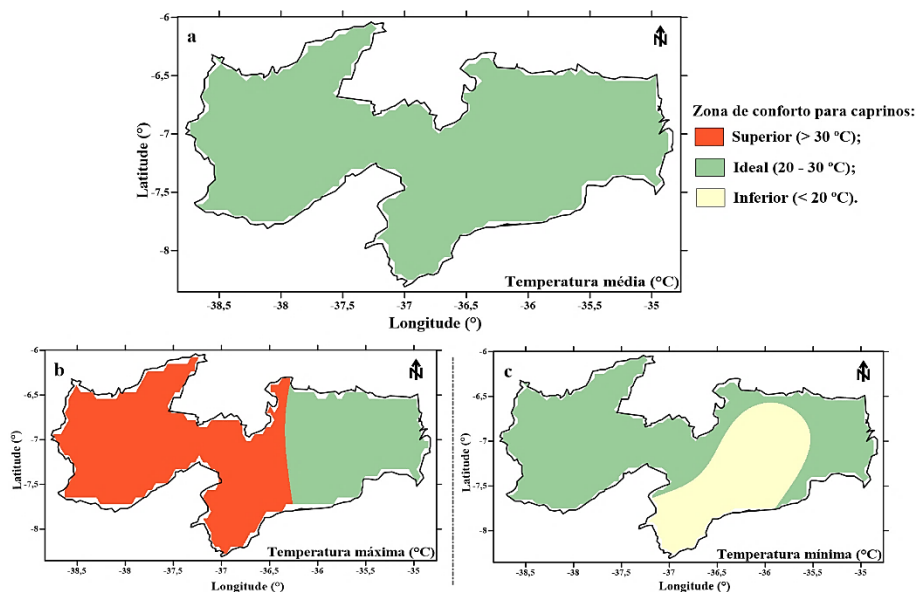


Figura 22. Temperaturas de conforto térmico para caprinos no período seco na Paraíba: (a) temperatura média; (b) temperatura máxima; e (c) temperatura mínima

A temperatura máxima, estaria em conforto na mesorregião da Zona da Mata paraibana, no Agreste e em áreas da Borborema em transição com o Agreste, enquanto que, no Sertão e Borborema as temperaturas seriam superiores as preconizadas para a criação de caprinos em até 5 °C.

A faixa de umidade relativa para caprinos é a mesma apresentada na Figura 7, estando assim, dentro do conforto no maior número de áreas no estado da Paraíba. Para resolver as altas temperaturas e umidade relativa, deveriam ser adotadas as mesmas medidas corretivas mencionadas anteriormente.

Paulo et al. (2015) verificando a fisiologia de caprinos nativos em São João do Cariri, mesorregião da Borborema, observaram temperatura média de 27,2 °C, máxima de 32,0 °C e mínima de 22,5 °C, com umidade relativa de 51,4%. Segundo os autores, os animais da raça Canindé e Moxotó não apresentaram estresse térmico por possuírem alto grau de adaptabilidade às condições ambientais da região em estudo. A rusticidade e a temperatura crítica superior sugerida por Baeta e Souza (2010) que é de 34 °C, podem explicar o conforto, uma vez que, apenas a temperatura máxima diferiu dos dados de zona de conforto, por estarem abaixo da crítica superior.

Os dados de temperatura média e máxima registrados pelos autores estão dentro da faixa da série histórica, diferindo apenas em 1,5 °C acima para temperatura mínima. A umidade relativa foi inferior em menos de 1% em relação aos dados da série histórica nesta mesorregião, podendo ser considerada dentro da faixa, devido a pequena variação ocorrida entre os dados.

Diante do zoneamento bioclimático, constata-se que no período seco, a transição entre Agreste e Borborema seria a área mais apta para a criação de caprinos, seguida da Zona da Mata, que só exigiria modificações para redução da umidade, porém as demais mesorregiões ao passarem por pequenas medidas corretivas, como sombreamento e a utilização de instalações suspensas, amenizariam a temperatura máxima e umidade relativa, o que as tornariam viáveis para criação em todo o estado da Paraíba.

Conclusões

Todas as mesorregiões do estado da Paraíba estariam aptas para criação de ovinos no período chuvoso, mas necessitariam apenas de medidas corretivas para amenizar elevada temperatura máxima na mesorregião do Sertão e Borborema, que apresentariam 1 °C acima do conforto para ovinos e, no período seco mitigar a temperatura máxima, 2 - 5 °C acima do conforto nas mesmas mesorregiões, com a utilização de sombreamento natural ou artificial e fornecimento de água em quantidade e qualidade adequadas. Medidas mitigadoras precisariam ser aplicadas para o controle da alta umidade em todas as mesorregiões no período chuvoso e na Zona da Mata no período seco, que apresentariam elevação de 3 - 6 % acima do conforto, por meio da utilização de instalações suspensas.

Para criação de caprinos todas as mesorregiões seriam aptas, necessitando de medidas regularizadoras no período chuvoso nas mesorregiões da Borborema e Sertão para amenizar a temperatura máxima e alta umidade relativa e, no período seco as mesmas mesorregiões apresentariam temperaturas superiores as recomendadas em até 5 °C. Neste mesmo período,

temperaturas mínimas, 1 °C inferior ao preconizado seriam observadas na Borborema e Agreste, podendo ser mitigado abrigoando os animais em instalações fechadas.

Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., Sparovek, G. (2013). Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22 (6), 711–728. doi:10.1127/0941-2948/2013/0507.
- Azevedo, H. H. F., Pacheco, A., Pires, A. P., Mendonça Neto, J. S. N., Pena, D. A. G., Galvão, A. T., Ferrari, E. D. M., Almeida, B. V. F., Batista, T. V. L. O., Araújo, C. F., Batista, W. L. (2020). Bem-estar e suas perspectivas na produção animal, *PUBVET*, 14(1) 1-5. doi:10.31533/pubvet.v14n1a481.1-5.
- Baêta, F. C., Souza, C. F. *Ambiência em edificações rurais: Conforto animal*. 2º Ed. Viçosa, Brasil, 2010. ISBN 9788572693936.
- Dantas, N. L. B., Souza, B. B., Silva, M. R., Silva, G. A., Pires, J. P. S., Batista, L. F., Souza, M. F., Furtado, D. A. (2019). Effect of the environment and diet on the physiological variables of sheep in the Brazilian semi-arid region. *Semina: Ciências Agrárias*, 40(2), 971-980. doi:10.5433/1679-0359.2019v40n20971.
- Fonseca, W. J. L., Azevêdo, D. M. M. R., Campelo, J. E. G., Fonseca, W. L., Luz, C. S. M., Oliveira, M. R. A., Evangelista, A. F., Borges, L. S. Sousa Júnior, S. C. (2016). Effect of heat stress on milk production of goats from Alpine and Saanen breeds in Brazil. *Archivos de Zootecnia*, Córdoba, 65(252), 615-621. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1055680/effect-of-heat-stress-on-milk-production-of-goats-from-alpine-and-saanen-breeds-in-brazil>.
- Francisco, P. R. M., Medeiros, R. M., Santos, D., Matos, R. M. (2015). Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(4), 1006-1016. doi:10.26848/rbqf.v8.4.p1006-1016.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, 2017. <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acessado em: 26 de out. 2018.

- Leite, J. H. G. M., Façanha, D. A. E., Costa, W. P., Chaves, D. F., Guilhermino, M. M., Silva, W. S. T., Bermejo, L. A. (2017). Thermoregulatory responses related to coat traits of Brazilian native ewes: an adaptive approach. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 353–359. doi:10.1080/09712119.2017.1302877.
- Lima, M. T. V., Feitosa, J. V., Oliveira, C. W., Costa, A. N. L. (2019). Influência da temperatura e umidade sobre o conforto térmico bovino em Barbalha, Ceará. *PUBVET*, 13(12), 1-8. doi:10.31533/pubvet.v13n12a477.1-8.
- Lopes Neto, J. P. Construções e Instalações Rurais. Brasília: NT Editora, 2017. 138p.
- Nobre, I. S., Souza, B. B., Marques, B. A. A., Azevedo, A. M., Araujo, R. P., Gomes, T. L. S., Batista, L. F., Silva, G. A. (2016). Avaliação dos níveis de concentrado e gordura protegida sobre o desempenho produtivo e termorregulação de ovinos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17(1), 116-126. doi:10.1590/S1519-99402016000100011.
- Nobrega, J. N., Santos, C. A. C., Gomes, O. M., Bezerra, B. G., Brito, J. I. B. (2014). Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos tropicais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(2), 197-208. doi:10.1590/S0102-77862014000200005
- Oliveira, Z. B., Silva, C. M., Souza, I. J., Link, T. T., Bottega, E. L. (2018). Cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira no Sul do Brasil. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, 12(2), 110-121. doi:10.18011/bioeng2018v12n2p110-12.
- Pastal, D., Cristo, A. B., Fujisawa, F. M., Maier, G. S., Guirro, E. C. B. P. (2015). Papel do sombreamento no conforto térmico de vacas leiteiras criadas a pasto – revisão de literatura. *Revista Veterinária em Foco*, 12(2), 92-100. <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/veterinaria/article/view/1628>
- Paulo, J. L. A., Santos, L. F. D., Furtado, D. A., Medeiros, N. A., Saraiva, E. P. (2015). Diferentes níveis de energia na dieta causam alterações fisiológicas em caprinos nativos do

- semiárido brasileiro. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 3(1), 35-40. <https://doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v3n1p35-40>.
- Ribeiro, M. N., Ribeiro, N. L., Bozzi, R., Costa, R. G. (2018). Physiological and Biochemical blood variables of goats subjected to heat stress – a review. *Journal of Applied Animal Research*, 4 (1), 1036–1041. doi:10.1080/09712119.2018.1456439.
- Salama, A. A. K., Caja, G., Hamzaoui, S., Badaoui, B., Castro-Costa, A., Façanha, D. A. E., Guilhermino, M. M., Bozzi, R. (2014). Different levels of response to heat stress in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 121 (1), 73–79. doi:10.1016/j.smallrumres.2013.11.021.
- Santos, L. F. D., Pimenta Filho, E. C., Saraiva, E. P., Furtado, D. A., Pereira, W. E., Costa, J. H. S. (2017). Sexual behavior of ‘Morada Nova’ breeding sheep under semi-intensive rearing during the mating season in the brazilian semiarid. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(6), 3657-3668. doi:10.5433/1679-0359.2017v38n6p3657.
- Silva, V. C., Lopes Neto, J. P., Costa, J. H. S., Furtado D. A., Miranda, J. R. (2018). Ethological behavior of created sheep in the sun and shade in the semi-arid region of Paraíba state. *Energia na Agricultura*, 33(4), 338-344. doi:10.17224/EnergAgric.2018v33n4p338-344.
- Tavares, G. F., Carnevskis, E. L., Schiassi, L., Carlos Filho, R., Miranda, K. O. S., Miranda, J. H. (2016). Zoneamento bioclimático para bovinos de corte no Brasil com o auxílio de sistemas inteligentes. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 4(4), 116-123. doi:10.14269/2318-1265/jabb.v4n4p116-123.

Artigo 3

Índice de temperatura e umidade para o estado da Paraíba, Brasil: tendência, fatores influenciadores e medidas mitigadoras

(Editado conforme normas da Revista Theoretical and Applied Climatology)

Índice de temperatura e umidade para o estado da Paraíba, Brasil: tendência, fatores influenciadores e medidas mitigadoras

Resumo

Essa pesquisa objetivou determinar a tendência e o percentual de influência das variáveis climáticas insolação, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento sobre o índice de temperatura e umidade (ITU) nos períodos interanual, chuvoso e seco para o estado da Paraíba, Brasil, além de propor medidas mitigadoras para atingir o conforto térmico. Foram utilizados dados climáticos obtidos em seis estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia, no período de 1961 - 2015 localizadas no estado. Primeiramente, determinou-se a ocorrência ou não de tendência no ITU utilizando o método de Mann-Kendal nos períodos. Após a normalização dos dados, foi possível calcular o percentual de influência de cada variável e identificar quais as variáveis que mais contribuem para o aumento/redução do índice nos municípios. Em seguida, apresentou-se medidas mitigadoras para as localidades que ocorreria desconforto térmico para as codornas poedeiras, caprinos, ovinos e bovinos leiteiros com base na projeção de mudanças climáticas do IPCC. Conclui-se com base no apresentado que, nos períodos chuvoso e seco, as quatro variáveis influenciam sobre o Índice de Temperatura e Umidade nos municípios de Campina Grande, Patos e São Gonçalo.

Palavras-chave: índice de temperatura e umidade; período chuvoso; período seco; variáveis climáticas.

1 Introdução

A quantificação do conforto térmico é comumente realizada utilizando apenas a temperatura e a umidade do ar, mas como medidas representativas no estudo do ambiente térmico possuem limitações (Buriol et al., 2015). Assim, a combinação dos efeitos de duas ou mais variáveis em um índice de conforto térmico está sendo desenvolvida, com intuito de representar o efeito do processo de troca de calor sensível e latente entre o animal e o ambiente, sendo índices essenciais na elaboração de zoneamentos bioclimatológicos, avaliando a intensidade de participação de cada variável térmica ambiental na composição do índice (Medeiros 2005).

Dentre os índices existentes, o mais conhecido é de temperatura e umidade (ITU), desenvolvido por Thom (1958) para avaliação do conforto humano, mas que vem sendo empregado para descrever o conforto térmico de bovinos (Fialho et al. 2018; Lima et al. 2019), ovinos (Maia et al. 2015), aves de corte (Staub et al. 2016; Oliveira e Knies 2017), codornas (El Tarabany 2015), entre outros animais, por possuir a facilidade de cálculo, uma vez que, requer apenas os dados meteorológicos que são disponibilizados nas estações (Berman et al. 2016). Por meio da avaliação dos índices de conforto térmico é possível evitar o desconforto em determinadas épocas do ano, estabelecendo os períodos em que há necessidade de implementação de medidas compensatórias para manutenção do bem-estar dos animais (Storti et al. 2019).

A influência dos elementos meteorológicos deve ser levada em consideração, haja vista que interferem tanto no comportamento quanto na fisiologia dos animais, sendo a temperatura ambiental, a umidade relativa do ar e a radiação solar direta, os principais responsáveis por levarem a adoção de medidas para a manutenção da homeotermia, resultando na redução do desempenho produtivo na maioria das vezes (Santos et al. 2018).

As variáveis climáticas exercem influência sobre os índices de conforto térmico, as quais têm passado por modificações ao longo dos anos em determinados locais. Desse modo, a investigação com intuito de detectar tendência de mudanças nas variáveis climáticas ao longo de uma série temporal é realizada por meio da análise de testes classificados como paramétricos e não-paramétricos. Os testes paramétricos são mais eficientes, todavia, requerem que os dados sejam independentes e normalmente distribuídos, enquanto para os testes não-paramétricos, eles devem ser independentes e os outliers são tolerados sendo, porém, insensíveis ao tipo de distribuição de dados (Jinlin et al. 2018).

Um teste bastante utilizado para detectar se em uma determinada série temporal há tendência é o teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall (MK). Ele é aplicado para detectar tendência na precipitação (Yacoub e Tayfur 2020), na temperatura (Khan et al. 2019), evapotranspiração (Wang et al. 2019), como também para outras variáveis climáticas (D'Andrea et al. 2019).

A identificação dos fatores climáticos que influenciam no aumento ou redução do ITU durante uma série histórica possui importância, pois identifica a variável que mais interferiu para que esse aumento/redução ocorresse.

Assim, o objetivo do presente trabalho residiu em identificar as localidades que apresentam, para o estado da Paraíba, tendência estatisticamente significativa no ITU durante

os períodos interanual, chuvoso e seco, observando o percentual de influência das variáveis climáticas sobre este índice, além de verificar se existem outras variáveis que influenciam e que não são levadas em consideração no cálculo, como também propor medidas mitigadoras para melhorar o conforto dos animais nas localidades que apresentarem aumento/redução no índice com base na projeção de mudanças climáticas do IPCC, caso as tendências apresentadas se mantenham.

2 Material e métodos

2.1 Área de estudo e dados

O trabalho foi desenvolvido no estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, que apresenta uma área de 56.372 km², correspondente a 0,662% do território nacional. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18" de latitude sul, entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45" de longitude oeste.

Os dados climáticos são das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). As variáveis utilizadas incluem valores mensais de insolação (I, h), temperatura do ar (TA, °C), umidade relativa (UR, %) e velocidade do vento (Vv, m s⁻¹) a 2 m de altura, no período de 1961 - 2015, com postos localizados nos municípios de Areia, Campina Grande, João Pessoa, Monteiro, Patos e São Gonçalo (Fig. 1).



Fonte: Adaptado de Francisco (2010)

Fig. 1 Localização do estado da Paraíba e distribuição dos postos meteorológicos

2.2. Identificando os períodos chuvoso e seco

A região nordeste e, conseqüentemente, o estado da Paraíba não possuem estações bem definidas existindo apenas períodos chuvoso e seco. Sendo assim, foram determinados como sendo os quatro meses mais e menos chuvosos, de acordo com os dados registrados na série histórica pluviométrica de cada estação meteorológica (Tabela 1), com as devidas classificações climáticas de Koppen.

Estação	Clima	Chuvoso	Seco
João Pessoa	As	Abril – Julho	Setembro – Dezembro
Areia	As	Abril – Julho	Setembro – Dezembro
Campina Grande	As	Abril – Julho	Setembro – Dezembro
Monteiro	BSh	Fevereiro - Maio	Agosto – Novembro
Patos	BSh	Janeiro - Abril	Agosto – Novembro
São Gonçalo	As	Janeiro - Abril	Agosto – Novembro

Tabela 1 Meses mais chuvosos e secos para as estações

2.3 Índice de temperatura e umidade (ITU)

Os valores de temperaturas do ar, temperatura de ponto de orvalho e umidade relativa foram utilizados para determinar os Índices de temperatura e umidade (ITU) para todos os meses e anos de cada período nas estações meteorológicas. O ITU foi calculado pela equação proposta por Thom (1958):

$$ITU = TA + (0,36 \times T_{po}) + 41,5 \quad (1)$$

Onde o ITU é o índice de temperatura e umidade, TA a temperatura do ar em graus Celsius e T_{po} a temperatura do ponto de orvalho em graus Celsius. A temperatura do ponto de orvalho é dada pela Eq. 2:

$$T_{po} = \frac{237,3 \left(\log RH + \frac{7,5T}{237,3+T} \right)}{7,5 - \log RH - \frac{7,5T}{237,3+T}} \quad (2)$$

Para $T \geq 0$ e a fração da UR.

2.4 Cálculo da tendência

Para detectar as tendências (Z) significantes da série de ITU se utilizou o teste de MK (Mann 1945; Kendall 1975). O teste MK detecta tendências lineares e não-lineares, e, nesse teste, a hipótese nula (H_0) e a hipótese alternativa (H_1) são iguais a não existência e existência de uma tendência na série de dados observacionais, respectivamente. O teste de MK com base nas equações:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \quad (3)$$

$$\text{sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & \text{se } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{se } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{se } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{VAR}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (5)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Onde S é o teste estatístico, VAR a variância de S , Z o teste estatístico padronizado, n o comprimento da série temporal, x_i e x_j são os dados sequenciais dos valores da série temporal nos anos i e j , e t a extensão a qualquer tempo dado.

Foi usada também, a aplicação (Sen 1968) para estimar a magnitude (β) da inclinação da tendência da série. A vantagem desse método é que limita a influência dos outliers sob a inclinação, sendo calculada pela Equação 7:

$$\beta = \text{mediana} \left(\frac{x_j - x_i}{j - i} \right), \forall j > i \quad (7)$$

Os testes foram aplicados à um nível de significância de 1 e 5% e analisaram a ocorrência, ou não, de tendência anual e durante os períodos estudados para cada estação.

2.5 Influência das variáveis

Embora o ITU utilize apenas a temperatura e a umidade, esse trabalho também avaliou o percentual de contribuição de outras variáveis climáticas sobre o ITU. Sendo assim, as variáveis climáticas analisadas como possíveis influenciadoras do ITU foram insolação (I), temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR) e velocidade do vento (Vv). O percentual de contribuição de cada variável climática seguiu a metodologia proposta por Zhang et al. (2011) e Ye et al. (2014).

A metodologia emprega regressão linear múltipla para determinar o percentual de influência relativa de cada variável independente (I, TA, UR e Vv) para explicar a variável dependente (ITU), mas antes de aplicar o método normalizou-se os dados originais de ITU e das variáveis independentes, seguindo a Equação 8:

$$X_{in} = \frac{x_i - x_{i \min}}{x_{i \max} - x_{i \min}} \quad (8)$$

Onde:

X_{in} - variável normalizada;

x_i , $x_{i \max}$ e $x_{i \min}$ - sequências de valores observados na série histórica (valor atual, valor máximo e valor mínimo, respectivamente).

O modelo geral de regressão múltipla é dado pela Equação 9:

$$Y_i = aX_{i1} + bX_{i2} + cX_{i3} + dX_{i4} \dots nX_{in} \quad (9)$$

Onde:

Y_i - Variável dependente;

X_{i1} , X_{i2} , X_{i3} , X_{in} - Variáveis independentes;

a, b, c, d - Coeficientes da regressão.

Baseado nos coeficientes de regressão, o percentual de influência (η , %) de cada variável (X_{in}) para explicar os valores do ITU (Y_i) pode ser estimada a partir da Equação 10.

$$\eta_{1,2,3,\dots,n} = \left(\frac{|a_{1,2,3,\dots,n}|}{|a_{1,2,3,\dots,n}| + |b_{1,2,3,\dots,n}| + |c_{1,2,3,\dots,n}| + |n|} \right) \times 100 \quad (10)$$

O percentual de contribuição das variáveis climáticas sobre o ITU foi aplicado aos períodos interanual, chuvoso e seco.

3 Resultados e discussão

3.1 Tendência do ITU e variáveis influenciadoras durante o período interanual

Ao analisar a tendência de ITU anualmente para cada município, é possível observar que houve significância estatística para todas as localidades. Registrou-se crescimento nas estações, exceto em Monteiro (Tabela 2), que teve redução acentuada de -0,073 no ITU, correspondente ao dobro de outras estações. O município de Areia registrou aumento de 0,035, Campina Grande 0,036, João Pessoa 0,034, Patos 0,051 e São Gonçalo 0,015, ou seja, à medida que os anos foram passando os valores aumentaram.

Estações Meteorológicas	Z	β
Areia	0,370*	0,035
Campina Grande	0,572*	0,036
João Pessoa	0,635*	0,034
Monteiro	-0,520*	-0,073
Patos	0,489*	0,051
São Gonçalo	0,250**	0,015

(*) - significativo a 1%; (**) - significativo a 5%.

Tabela 2 Tendência anual para o ITU, em que Z representa a tendência e β a inclinação da tendência para as estações meteorológicas no estado na Paraíba, Brasil

A análise de regressão linear múltipla interanual dos dados normalizados para determinar a influência das variáveis climáticas sobre o ITU é apresentada na Tabela 3, a partir dos coeficientes obtidos por meio da regressão linear múltipla, os percentuais de influência (%) das variáveis climáticas sobre o ITU foram calculados utilizando a Equação 10, para todas as estações meteorológicas.

Estações Meteorológicas	Variáveis					
	I (h)	T (°C)	UR (%)	Vv (m.s ⁻¹)	Int.	R ²
Areia	7,661 E ⁻⁴	1,032	0,121	5,604 E ⁻⁴	-0,044	0,99
Campina Grande	-0,200	0,559	-0,233	0,091	0,341	0,52
João Pessoa	-3,130 E ⁻⁴	0,880	0,202	-0,034	0,091	0,95
Monteiro	0,034	2,160	0,615	-0,096	-0,492	0,96
Patos	0,224	0,170	-0,121	-0,196	0,554	0,12
São Gonçalo	0,107	0,649	0,285	-0,040	-0,123	0,41

I - Insolação; TA - Temperatura do ar; UR - Umidade relativa; Vv - Velocidade do vento; Int. – Intercepto.

Tabela 3 Valores obtidos na regressão linear múltipla interanual dos dados normalizados das variáveis climáticas para cada estação meteorológica

A Figura 2, apresenta a tendência interanual do ITU e o percentual de influência de cada variável climática sobre o índice. A temperatura é a variável com maior percentagem sobre o índice nas estações localizadas nos municípios de Areia, João Pessoa e Monteiro, superior a 70%, São Gonçalo com 60% e Campina Grande com 52%, seguida da UR. De acordo com Nascimento et al. (2020), que tiveram a tendência das variáveis climáticas para os períodos interanual, chuvoso e seco, esses municípios sofreram aumento das variáveis TA e UR em todos os períodos, o que reflete diretamente sobre o valor do ITU.

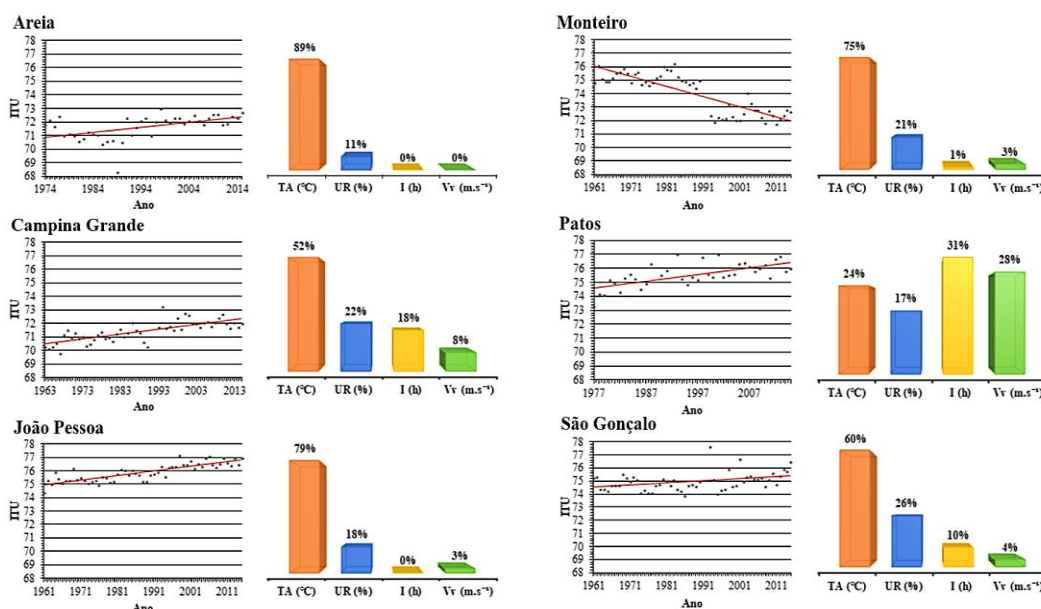


Fig. 2 Tendência e percentual de influência interanual das variáveis climáticas sobre o índice de temperatura e umidade em todas as estações no estado da Paraíba, Brasil

No entanto, para a estação de Patos a variável com maior influência é a insolação, seguida da velocidade do vento, temperatura do ar e umidade relativa do ar, com diferença de 3% entre

a insolação e a velocidade do vento, diferentemente das demais, o que ocasiona uma distribuição mais homogênea. A redução da Vv no município e aumento das variáveis TA, UR e I, justificam o comportamento dos valores de influência sobre o índice (Fig. 2), esta situação também foi registrada por Nascimento et al. (2020).

A variável insolação, é a terceira que mais atingiu o ITU em Campina Grande e São Gonçalo e a quarta em Monteiro, bem como informam Nascimento et al. (2020) que constataram o aumento desta variável nos municípios. A velocidade do vento apresenta expressiva porcentagem sobre o índice no município de Patos (28%), sendo a terceira em Monteiro (3%) e São Gonçalo (4%) e a quarta em Campina Grande (8%). Na estação localizada em Areia, não há registro de influência da insolação e velocidade do vento, já em João Pessoa não ocorre influência da insolação sobre o ITU (Fig. 2).

3.2 Tendência do ITU e variáveis influenciadoras durante o período chuvoso

A tendência do ITU, assim como sua inclinação, durante o período chuvoso pode ser vista na Tabela 4. A tendência para os municípios é estatisticamente significativa para todas as estações meteorológicas. Observou-se ainda crescimento no ITU, exceto em Monteiro. As estações localizadas nos municípios de Areia, Campina Grande e João Pessoa apontam aumento individual de 0,04, São Gonçalo de 0,02 e Patos de 0,06, maior valor entre elas. Em Monteiro, o índice apresenta redução de -0,05 para o mesmo período.

Estações Meteorológicas	Z	β
Areia	0,422*	0,04
Campina Grande	0,597*	0,04
João Pessoa	0,671*	0,04
Monteiro	-0,467*	-0,05
Patos	0,415*	0,06
São Gonçalo	0,253**	0,02

(*) significativo a 1%; (**) significativo a 5%.

Tabela 4 Tendência do ITU durante o período chuvoso, em que Z representa a tendência e β a inclinação da tendência para todas as estações meteorológicas localizadas no estado na Paraíba, Brasil.

Os coeficientes da regressão linear múltipla dos dados normalizados para o período chuvoso, são utilizados para calcular o percentual de influência das variáveis sobre o ITU, que estão presentes na Tabela 5.

Estações Meteorológicas	Variáveis					
	I (h)	TA (°C)	UR (%)	Vv (m.s ⁻¹)	Int.	R ²
Areia	4,553 E ⁻⁴	1,050	0,192	1,140 E ⁻³	-0,093	0,99
Campina Grande	0,280	0,460	0,144	0,108	-0,014	0,24
João Pessoa	-0,003	1,122	0,318	1,320 E ⁻³	-0,150	0,99
Monteiro	-0,008	1,197	0,591	6,710 E ⁻⁴	-0,381	0,99
Patos	1,073	0,022	-0,188	0,100	0,269	0,24
São Gonçalo	0,076	1,084	0,793	-0,014	-0,492	0,93

I - Insolação; TA - Temperatura do ar; UR - Umidade relativa; Vv - Velocidade do vento; Int. – Intercepto.

Tabela 5 Coeficientes obtidos na regressão linear múltipla dos dados normalizados das variáveis climáticas durante o período chuvoso

Os resultados indicam que as quatro variáveis independentes, insolação, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento atuam no índice de temperatura e umidade. O maior percentual de influência registrado sobre o ITU para Areia, durante o período chuvoso é a TA com 84%, seguido da UR com 16%. O aumento dessas variáveis são registradas por Nascimento et al. (2020), explicando o fato de serem as únicas variáveis influenciadoras sobre o índice no município, conforme Figura 3.

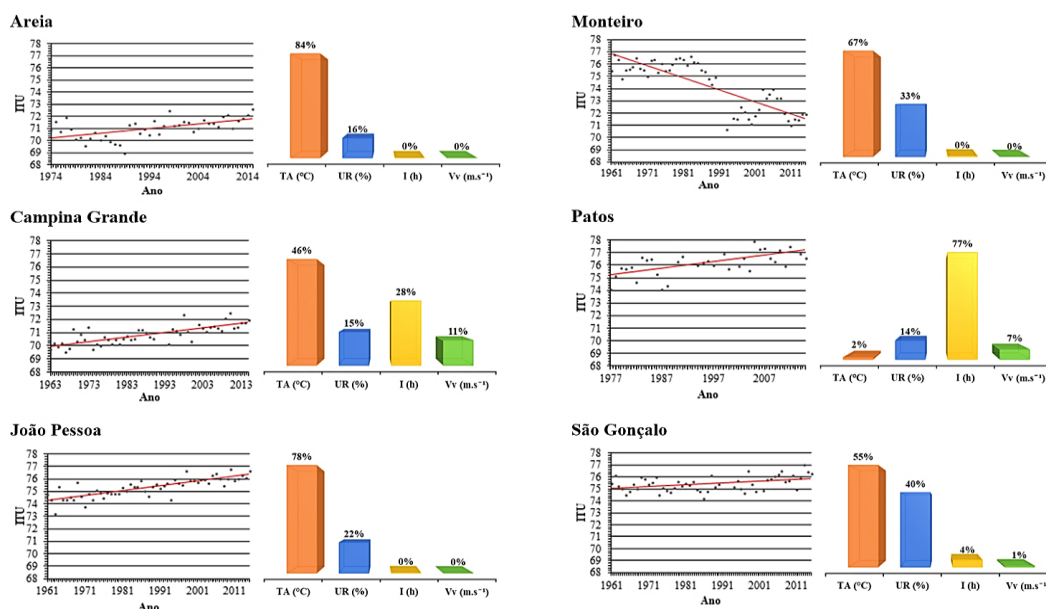


Fig. 3 Tendência e percentual das variáveis influenciadoras sobre o Índice de temperatura e umidade em todas as estações meteorológicas durante o período chuvoso no estado da Paraíba, Brasil

A estação localizada em Campina Grande, apresenta percentual de influência sobre o ITU de 46% para TA, 28% para I, a UR com 15% e a Vv 11%, sendo o município caracterizado por

possuir clima ameno neste período, com menor TA, I e VV e alta UR. Mesmo assim a temperatura e a insolação, são as variáveis que mais interferem no valor de tendência do índice, o qual é crescente. Nesse período, o município apresenta valores mais amenos do índice, podendo os percentuais serem explicados pela menor taxa de irradiação e baixas temperaturas (Fig. 3).

Em João Pessoa, o percentual de atuação sobre o ITU é de 78% da TA e 22% da UR. O aumento dessas variáveis foi observado por Nascimento et al. (2020), sendo as únicas variáveis influenciadoras. A alta temperatura e umidade relativa registradas nesse município explicam os percentuais, assim como o valor de tendência para o ITU, que é crescente (Fig. 3).

Na estação de Monteiro, o percentual total de influência sobre o ITU é da TA e da UR, 67 e 33%, respectivamente, com tendência decrescente. Conforme Nascimento et al. (2020), ocorreu redução do valor da TA, resultando na diminuição do valor do índice ao longo da série (Fig. 3).

Em Patos, os percentuais de interferências sobre o ITU são de 77% e 14% para I e UR, respectivamente, sendo as que mais contribuem com o valor da tendência crescente, seguido do Vv que atua em 7% e a TA, 2% (Fig. 3). O município apresenta uma maior nebulosidade e maior UR em relação ao seco. Porém, a alta nebulosidade faz com que o calor absorvido não seja totalmente liberado durante a noite, formando uma espécie de cobertor entre o solo e a cobertura de nuvens deixando o ar mais quente, tendo uma madrugada/começo de manhã com temperaturas mínimas mais elevadas (Echeret et al. 2006).

No município de São Gonçalo, observa-se percentuais de influência de 59% da TA, 40% da UR, 4% da I e 1% da Vv, sendo este caracterizado por registrar TA mais amena, com elevada UR no período chuvoso. Por apresentarem maior percentual as variáveis TA e UR, interferem sobre a tendência de ITU, de forma crescente. Quanto aos valores do índice, os mesmos se comportam de maneira homogênea. Segundo Nascimento et al. (2020), os valores das variáveis TA, UR e I tiveram aumento, o que acabou refletindo nos percentuais, enquanto a Vv diminuiu, sendo o comportamento responsável pelos valores do índice (Fig. 3).

3.3 Tendência e variáveis influenciadoras para o período seco

No período seco, a tendência de ITU é estatisticamente significativa, bem como sua inclinação para todas as estações (Tabela 6). Entre as estações, apenas a de Monteiro não apresenta crescimento do índice. Os municípios de Areia, Campina Grande e João Pessoa,

possuem tendência com inclinação crescente e aumento de 0,03 em cada município. Em Monteiro, a tendência com inclinação decrescente e redução interanual de -0,10 em seu valor, resultante da diminuição de TA e UR no decorrer da série. Em São Gonçalo, o aumento sobre o ITU é de 0,01, com tendência crescente. No município de Patos, o índice apresenta aumento de 0,04, com tendência crescente.

Estações Meteorológicas	Z	β
Areia	0,282**	0,03
Campina Grande	0,502*	0,03
João Pessoa	0,521*	0,03
Monteiro	-0,526*	-0,10
Patos	0,365**	0,04
São Gonçalo	0,247**	0,01

(*) - significativo a 1%; (**) - significativo a 5%.

Tabela 6 Tendência do ITU durante o período seco para o ITU, em que Z representa a tendência e a inclinação da tendência para todas as estações meteorológicas na Paraíba, Brasil

Nesse período, os coeficientes da regressão linear múltipla dos dados normalizados, são apresentados na Tabela 7.

Estações Meteorológicas	Variáveis					
	I (h)	TA (°C)	UR (%)	Vv (m.s ⁻¹)	Int.	R ²
Areia	5,130 E ⁻⁴	1,016	0,159	-1,326 E ⁻⁴	-0,100	0,99
Campina Grande	-0,462	0,547	-0,150	0,154	0,550	0,37
João Pessoa	0,003	0,770	0,293	2,979 E ⁻⁴	1,32 E ⁻³	0,99
Monteiro	-0,011	1,081	0,443	-1,140 E ⁻³	-0,279	0,99
Patos	-0,139	0,281	0,270	-0,035	0,513	0,24
São Gonçalo	0,128	0,966	0,720	-0,150	-0,332	0,87

I - Insolação; TA - Temperatura do ar; UR - Umidade relativa; Vv - Velocidade do vento; Int. – Intercepto.

Tabela 7 Coeficientes obtidos na regressão linear múltipla dos dados normalizados das variáveis climáticas durante o período seco

No período seco, assim como nos períodos interanual e chuvoso, os resultados encontrados indicam que as quatro variáveis independentes agem sobre o Índice de temperatura e umidade.

Os percentuais de influência na estação localizada no município de Areia, são de 86 e 14% para TA e UR, respectivamente. A elevada percentagem da TA pode ser justificada pelas temperaturas mais elevadas e menor predominância de ventos. Assim como nos períodos interanual e chuvoso, as variáveis que mais intervêm sobre o valor de tendência de ITU ao decorrer da série são a TA e UR, sendo crescente. (Fig. 4).

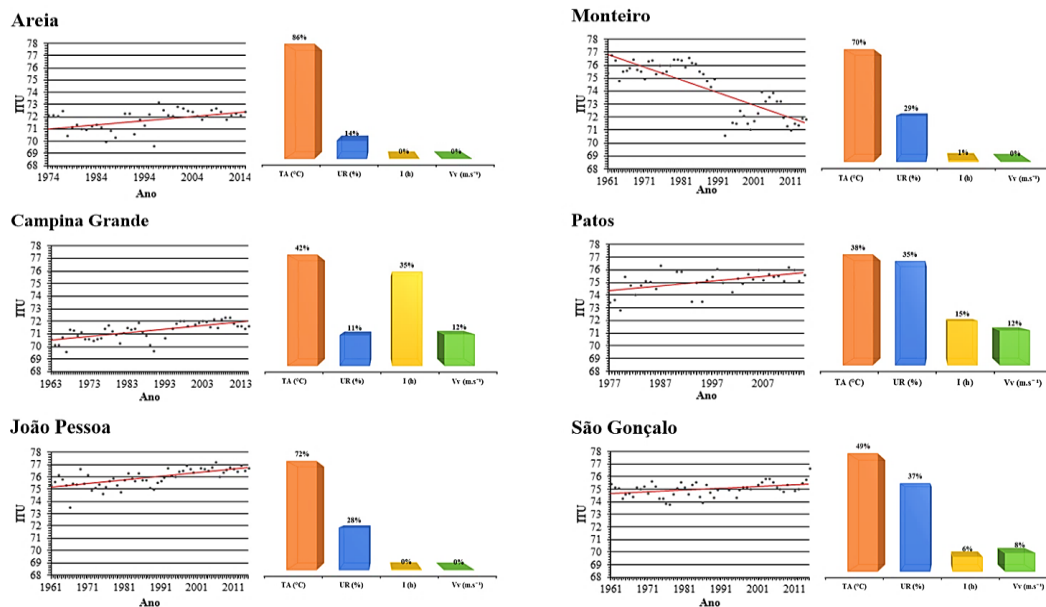


Fig. 4 Tendência e percentual das variáveis influenciadoras sob o Índice de temperatura e umidade em todas as estações meteorológicas no período seco no estado da Paraíba, Brasil

Em Campina Grande, a TA influi sobre o ITU em 42%, seguida da I, 35%, da Vv, 12% e UR com 11%. No período seco, o município apresentou aumento na TA e I, e diminuição da UR. Contudo, em ambos os períodos as variáveis que mais influenciam a tendência crescente do ITU são a TA e I (Fig. 3 e 4).

Na estação de João Pessoa, a influência das variáveis sobre o ITU é da TA com 72% e da UR com 28%, assim como no período chuvoso, mesmo as temperaturas sendo mais altas e UR mais amena no período seco. Nascimento et al. (2020) em seu estudo, observaram aumento nos valores ao decorrer da série, podendo essa situação explicar os percentuais de ação das variáveis. O valor da tendência crescente do índice, ocorre devido aos percentuais registrados pelas duas variáveis em ambos os períodos (Fig. 3 e 4).

No período seco na estação localizada em Monteiro, a TA age sobre índice em 70%, a UR 29% e a I 1%. Nos períodos chuvosos e secos a variável que mais atua é a TA, seguida da UR. A homogeneidade dos dados ocasionou à similaridade entre as mesmas variáveis em ambos, tanto sobre o ITU como para o valor da tendência, negativa e crescente (Fig. 3 e 4). Nascimento et al. (2020), verificaram diminuição no valor da TA e aumento da UR e I, sendo esse cenário o responsável pelo declínio do índice ao longo da série. Ao decorrer dos anos o município sofreu aumento nas áreas urbanas, conseqüentemente, foi afetado por desmatamento e novas construções, podendo ser uns dos fatores do comportamento.

Em Patos, a TA influencia 38%, a UR 35%, a I 15% e a Vv 12%. Nascimento et al. (2020) em seu estudo observaram que, a temperatura e a umidade são as variáveis que aumentaram e consequentemente, acabaram influenciando a tendência crescente do índice. (Fig. 4).

Na estação localizada em São Gonçalo, dentre as variáveis independentes, a TA influencia 49%, a UR 37%, a I 6% e a Vv 8%. No período seco a I e Vv apresentam o maior percentual sobre o índice em relação ao chuvoso. Contudo, a TA e UR, ainda obtiveram a maior influência sobre a tendência de ITU crescente, com valores de ITU homogêneos no decorrer da série (Fig. 4). Assim como no período chuvoso, de acordo com Nascimento et al. (2020) os valores das variáveis TA, UR e I sofreram aumento, enquanto que a Vv diminuiu, sendo essa situação mais uma vez a responsável pelos valores do índice.

3.4 Aplicação de medidas mitigadoras para cada localidade levando em consideração o cenário do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para 2100

As projeções do Quinto Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), apontam que a Terra sofrerá um aumento da temperatura média das superfícies até o ano 2100, nos cenários mais otimistas de 0,9 - 1,7 °C, e, de 2,6 - 4,8 °C no cenário mais pessimista (IPCC 2013). Com isso, se as tendências calculadas para os períodos interanuais, chuvosos e secos se configurarem, teremos cenários distintos do atual, para os municípios estudados. Contudo, serão propostas medidas mitigadoras para codornas poedeiras, caprinos, ovinos e bovinos leiteiros levando em consideração o intervalo de mais de 8 décadas, com intuito de sanar o desconforto térmico oriundo dessas modificações climáticas temporais.

3.4.1 Codornas poedeiras

Consonante as faixas preconizadas por El-Tarabany (2015) para codornas poedeiras, considera-se que em ambientes com ITU abaixo de 70, os animais estariam em estresse por frio, de 70 - 75 em conforto, entre 76 e 80 ocorreria o estresse por calor, portanto, avaliando o período interanual configurado pela tendência para o cenário no ano de 2100, as codornas estariam em conforto de acordo com o ITU calculado para os municípios de Areia (74) e Campina Grande (74). Em estresse por calor, nos municípios de João Pessoa (78), Patos (80) e São Gonçalo (77) e por frio em Monteiro (68).

No período chuvoso, o conforto para as codornas seria encontrado nos municípios de Areia (74), Campina Grande (74) e Monteiro (70), enquanto que em João Pessoa (78), Patos (81) e São Gonçalo (78) aconteceria o estresse por calor. Ao analisar o período seco, verifica-se que as codornas estariam em conforto nos municípios de Areia (75) e Campina Grande (74), já em João Pessoa (79), Patos (78) e São Gonçalo (76) seria estresse por calor e em Monteiro (66) por frio.

Dessa forma, nas localidades que predominariam estresse térmico, seria necessário fazer uso de medidas mitigadoras a fim de proporcionar conforto térmico as aves, pois, as variáveis climáticas são as principais responsáveis por fornecer a sensação térmica dentro de uma instalação e, conseqüentemente, devendo ser controladas (Paulino et al. 2019).

Nesse sentido, como medida para a promoção do conforto aos animais é aconselhável dispor as instalações na orientação leste-oeste, para que a incidência solar direta no interior das instalações seja evitada nos períodos mais quentes, pois a variável com maior percentual de contribuição sobre o ITU é a TA, em alguns municípios. Além de que, as áreas para implantação das instalações devem ser amplas e de fácil acesso, possuindo boa drenagem e ventilação adequada (Lopes Neto 2017; Paulino et al. 2019; Azevedo et al. 2020).

Os materiais a serem utilizados na instalação também são importantes para atender o conforto dos animais, devendo possuir grande capacidade reflexiva, trazendo dificuldades para a radiação atravessar o material, evitando aquecimento excessivo das instalações em temperaturas mais elevadas (Paulino et al. 2019), reduzindo assim, o percentual de influência da insolação sobre o índice, como é o caso de Campina Grande e Patos.

Outra medida mitigadora seria a utilização de forros sob a cobertura, visto que, atuam como uma segunda barreira térmica, reduzindo a transferência de calor para dentro da instalação, diminuindo sua temperatura interna e o percentual de influência da TA sobre o ITU. Estudos com materiais não convencionais em forros, vêm sendo avaliados no meio acadêmico, com resultados satisfatórios na redução de temperatura interna e nos índices de conforto térmico (Barbirato et al. 2015; Cabral et al. 2017).

Porém em instalações já existentes, a pintura externa dos telhados é recomendada em regiões de clima quente como uma ferramenta alternativa de baixo custo e fácil implantação, melhorando o conforto ao reduzir a temperatura do ar no interior da instalação (Valadares et al. 2018). Além disso, a instalação de equipamentos como ventiladores, também podem ser utilizados para o controle da qualidade do ar, auxiliando na renovação do mesmo e amenizando os efeitos dos gases poluentes nas instalações (Sousa et al. 2016).

Em situações que encontraria estresse por frio, como alternativa para minimizar os efeitos da baixa temperatura e elevada umidade relativa do ar, que podem causar impactos no desempenho das aves (El Kholly et al. 2017), seria manter as cortinas nas instalações semiabertas em horários onde a temperatura estaria amena com intuito de aumentar a TA interna, permitindo a renovação de ar em seu interior por meio da ventilação natural, reduzindo assim a UR (Santos et al. 2017).

3.4.2 Caprinos e ovinos

De acordo com as faixas estabelecidas por Marai et al. (2007) para caprinos e ovinos, considera-se que em ambientes com ITU menor que 82, os animais se encontrariam em conforto, já em ambiente onde o ITU varia de 82 - 84 o estresse seria moderado, de 84 - 86 intenso e acima de 86 extremo grave. Por isso, os animais apresentariam conforto térmico nos períodos interanuais, chuvosos e secos.

No entanto, na tentativa de manter o conforto desses animais, principalmente, nas horas mais quentes do dia, visto que a temperatura e insolação são as variáveis com maiores predominância de percentual de contribuição sobre o índice entre os municípios, o provimento de sombreamento facilitaria a manutenção da homeotermia, diminuindo o excesso de calor recebido através da radiação solar direta, seja de forma natural pelas árvores ou artificial por meio de coberturas de telhas, palhas ou sombrites, para que assim, a máxima eficiência produtiva e reprodutiva seja alcançadas (Batista et al. 2015; Lima et al. 2017), auxiliando também na redução das demais variáveis.

3.4.3 Bovinos leiteiros

Em estudo desenvolvido por Armstrong (1994), foram definidas faixas de ITU para bovinos leiteiros, onde ambientes com ITU abaixo de 72 seria conforto; entre 72 - 78, estresse brando; de 79 - 88, moderado e de 89 - 98 severo.

Considerando os períodos interanual, chuvoso e seco o município de Monteiro estaria dentro da zona de conforto. Já Areia, Campina Grande, João Pessoa e São Gonçalo registraria estresse brando. Em Patos, o estresse moderado ocorreria nos períodos interanual e chuvoso, e no seco seria brando.

O desconforto animal é ocasionado pela associação de elevadas temperaturas e umidade relativa do ar, que trazem sensação térmica desagradável. Dessa forma, na tentativa de minimizar seu estresse, é de suma importância o planejamento das instalações, pois as condições ambientais adequadas, proporcionam máxima expressão do potencial genético (Paulino et al. 2019; Azevedo et al. 2020).

Uma viável medida mitigadora seria a utilização de grama e árvores ao redor da instalação, que auxiliariam na diminuição da radiação solar direta e umidade, reduzindo a sensação térmica em seu interior, devendo o plantio de árvores ser realizado em uma distância de duas vezes à altura da construção para que não caia galhos sobre as mesmas ou haja entupimento das calhas (Paulino et al. 2019).

Outra medida, seria a utilização de instalações com aberturas amplas, facilitando a ventilação cruzada em seu interior, amenizando a sensação térmica local por meio das trocas de ar, proporcionando melhora no acondicionamento dos animais e diminuindo o efeito da alta umidade, promovendo assim, ambientes salubres e confortáveis, aumentando a eficiência da produção (Lopes Neto 2017).

4 Conclusões

- Durante o período interanual a temperatura é a variável que apresenta maior percentual sobre o índice nas estações localizadas nos municípios de Areia, Campina Grande, João Pessoa, Monteiro e São Gonçalo, seguida da UR. Enquanto que em Patos a variável com maior influência é a insolação, seguida da velocidade do vento, temperatura do ar e umidade relativa.
- Em ambos os períodos, chuvoso e seco, as quatro variáveis independentes, insolação, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento influenciam no Índice de temperatura e umidade nos municípios de Campina Grande, Patos e São Gonçalo.
- Levando em consideração as projeções do Quinto Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas para o ano de 2100, as codornas se encontrariam em situação de conforto no período chuvoso nos municípios de Areia, Campina Grande e Monteiro. Em estresse por calor em João Pessoa, Patos e São Gonçalo enquanto que no período seco seria registrado conforto em Areia e Campina Grande, estresse por calor em João Pessoa, Patos e São Gonçalo e por frio em Monteiro (66), sendo necessária a utilização de medidas mitigadoras com intuito de contribuir para o conforto térmico.

- Nessa mesma perspectiva para o ano de 2100, caprinos e ovinos se apresentariam em conforto térmico em todos os períodos, enquanto que os bovinos leiteiros estariam em conforto em Monteiro e em estresse brando nos municípios de Areia, Campina Grande, João Pessoa e São Gonçalo em todos os períodos. Já em Patos, seria registrado estresse moderado nos períodos interanual e chuvoso, e no seco brando.

5 Referências bibliográficas

- Armstrong DV (1994) Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science* 77:2044- 2050. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6).
- Azevedo HHF, Pacheco A, Pires AP, Mendonça Neto JSN, Pena DAG, Galvão AT, Ferrari EDM, Almeida BVBF, Batista TVLO, Araújo CF, Batista WLO (2020) Bem-estar e suas perspectivas na produção animal. *PubVet* 14:1-5. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n1a481.1-5>.
- Barbirato G, Fiorelli J, Lino G, Cravo JCM, Bertolini MS, Lahr FAR (2015) Desempenho térmico de bezerreiros cobertos com telha de fibrocimento e forro ecológico de subprodutos agroindustriais associado a materiais isolantes. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas* 9:261-267. <https://doi.org/10.18011/bioeng2015v9n3p261-267>.
- Batista JN, Borges LD, Lima LA, Souza BB, Silva EMN (2015) Termorregulação em ruminantes. *Revista Agropecuária Científica no Semiárido* 11:39-46. <https://doi.org/10.30969/acsa.v11i2.674>.
- Berman A, Horovitz T, Kaim M, Gacituas H (2016) A comparison of THI indices leads to a sensible heat-based heat stress index for shaded cattle that aligns temperature and humidity stress. *International Journal Biometeorology* 60:1453-1462. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1136-9>.
- Buriol GA, Estefanel V, Righu EZ, Bressan VC (2015) Conforto térmico para os seres humanos nas condições de ambiente natural em Santa Maria, RS, Brasil. *Ciência Rural* 45:223-230. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131537>.
- Cabral MR, Nakanishi EY, Fiorelli J, Savastano Junior H (2017) Avaliação do desempenho térmico de bezerreiros com eco-forro de partículas de madeira e fibra de sisal. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* 11:217-228. <https://doi.org/10.18011/bioeng2017v11n3p217-228>.

- D'Andrea MF, Rousseau AN, Bigah Y, Gattinoni NN, Brodeur JC (2019) Trends in reference evapotranspiration and associated climate variables over the last 30 years (1984–2014) in the Pampa region of Argentina. *Theoretical and Applied Climatology* 136:1371–1386. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2565-7>.
- Echer, MPS; Martins, FR.; Pereira, EB. A importância dos dados de cobertura de nuvens e de sua variabilidade: Metodologias para aquisição de dados. 2006. Acesso em 02 novembro 2019.
- El- Kholly MS, El-Hindawy MM, Alagawany M, El-Hack MEA, El-Gawad SA, El-Sayed A E-H (2017) Dietary Supplementation of Chromium Can Alleviate Negative Impacts of Heat Stress on Performance, Carcass Yield, and Some Blood Hematology and Chemistry Indices of Growing japanese quail. *Biological Trace Element Research* 179:148–157. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0936-z>.
- El-Tarabany MS (2015) Impact of temperature-humidity index on egg-laying characteristics and related stress and immunity parameters of Japanese quails. *International Journal of Biometeorology* 60:957-964. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1088-5>.
- Fialho ALL, Cáceres MBS, Silva WAL, Arruda EDS, Kischel H, Ferreira MGCR, Medeiros CF, Silva JR, Oliveira MVM, Ferraz ALJ, Sterza FAM (2018) Efeito do estresse térmico calórico agudo e crônico sobre a qualidade oocitária de bovinos de raças adaptadas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 70:64-72. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9494>.
- Francisco PRM (2010) Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. Dissertação, Universidade Federal da Paraíba.
- INMET (2017) Instituto nacional de meteorologia - Sudoeste - Brasília - DF. <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em 26 de outubro de 2018.
- IPCC (2013) Intergovernmental panel on climate change. Summary for Policymakers. In: *Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Stocker TF, D Qin, GK Plattner, M Tignor, SK Allen, J Boschung, A Nauels, Y Xia, V Bex, P M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>. Acesso em 13 de agosto de 2019.

- Jinlin Z, Zhiqiang G, Zhihuan S, Furong G (2018) Review and big data perspectives on robust data mining approaches for industrial process modeling with outliers and missing data. *Annual Reviews in Control* 46:107-133. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2018.09.003>.
- Kendall MG (1975) Rank correlation methods. Griffin, London.
- Khan N, Shahid S, Ismail T, Wang X-J (2019) Spatial distribution of unidirectional trends in temperature and temperature extremes in Pakistan. *Theoretical and Applied Climatology* 136:899–913. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2520-7>.
- Lima LO, Lima RMA, Castro ALA, Dias FJS, Dias M (2017) Influência da cor do pelame nos parâmetros fisiológicos e comportamentais de ovelhas da raça Santa Inês ao sol e à sombra. *PubVet* 11:744-753. <https://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n8.744-753>.
- Lima MTV, Feitosa JV, Oliveira CW, Costa ANL (2019) Influência da temperatura e umidade sobre o conforto térmico bovino em Barbalha, Ceará. *PubVet* 13:1-8. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n12a477.1-8>.
- Lopes Neto JP (2017) Construções e Instalações Rurais. NT Editora. Brasília.
- Maia MS, Silva JVC, Medeiros IM, Lima CAC, Moura CEB (2015) Características seminais de carneiros das raças Dorper, Santa Inês e mestiços em condições de clima tropical. *Revista Ciência Veterinária nos Trópicos* 18:20-25.
- Mann HB (1945) Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13:245–259. <https://doi.org/10.2307/1907187>.
- Marai IFM, El-Darawany AA, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM (2007) Physiological traits as affected by heat stress in sheep - A review. *Small Ruminant Research* 71:1-12. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.003>.
- Medeiros CM, Baêta FC, Oliveira RFM, Tinôco IFF, Albino LFT, Cecon PR. Índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 9:660-665. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000400033>.
- Nascimento RS, Brito JIB, Borges VP, Borges PF, Araújo LS (2020) Reference Evapotranspiration in the State of Paraíba, Brazil: Climatic Trends and Influencing Factors. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13:1024-1034. <https://doi.org/10.26848/rbqf.v13.3.p1024-1034>.
- Oliveira ZB & Knies AE (2017) Diagnóstico bioclimático para a produção de aves de corte em diferentes municípios do RS. *Revista Energia na Agricultura* 32:372-378. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2017v32n4p372-378>.

- Paulino MTF, Oliveira EM, Grieser DO, Toledo JB (2019) Criação de frangos de corte e acondicionamento térmico em suas instalações: Revisão. *PubVet* 13:1-14. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n3a280.1-14>.
- Santos TC, Gates RS, Tinôco IFF, Zolnier, S.; Baêta, F. C. Behavior of Japanese quail in different air velocities and air temperatures. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 52:344-354. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000500008>.
- Santos TC, Carvalho CCS, Silva GC, Diniz TA, Soarez TE, Moreira SJM, Cecon PR (2018) Influência do ambiente térmico no comportamento e desempenho zootécnico de suínos. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 17:241-253. <https://doi.org/10.5965/223811711722018241>.
- Sen PK (1968) Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association* 63:1379-1389. <https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>.
- Sousa FC, Tinôco IFF, Paula MO, Silva AL, Souza CF, Batista FJF, Barbari M (2016) Medidas para minimizar a emissão de amônia na produção de frangos de corte: Revisão. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* 10:51-61. <https://doi.org/10.18011/bioeng2016v10n1p51-61>.
- Staub L, Moraes MDG, Santos MG, Komiyama CM, Gonçalves NS, Fernandes Junior RB, Ton AP, Roque FA (2016) Ambiência interna e externa em galpão de frangos de corte nas diferentes épocas do ano e fases de criação. *Revista Nativa* 4:128-133. <https://doi.org/10.14583/2318-7670.v04n03102>.
- Storti AA, Nascimento MRBM, Faria CU, Silva NAM (2019) Índices de estresse térmico para touros jovens nelore criados em ambiente tropical. *Acta Scientiae Veterinariae* 47:1-8. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.93605>.
- Thom EC (1958) "Cooling degree: day air conditioning, heating, and ventilation". *Transactions of the Amer. Soc. Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* 55:65-72.
- Valadares LR, Moreira J, Salólio FS, Guimarães MCC, Tinôco IFF, Vaz DP, Lima HJD, Albino LFT (2018) Effect of roof painting of aviaries on thermal comfort, productive performance and physiological variables of broilers chickens. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 19:336-346. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402018000300010>.
- Wang Z, Ye A, Wang L, Liu K, Cheng L (2019) Spatial and temporal characteristics of reference evapotranspiration and its climatic driving factors over China from 1979–2015.

- Yacoub E & Tayfur G (2020) Spatial and temporal of variation of meteorological drought and precipitation trend analysis over whole Mauritania. *Journal of African Earth Sciences* 163:1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103761>.
- Ye X, Li X, Liu J, Chong - Yu X, Zhang Q (2014) Variation of reference evapotranspiration and its contributing climatic factors in the Poyang Lake catchment, China. *Hydrological Process* 28:6151-6162. <https://doi.org/10.1002/hyp.10117>.
- Zhang SH, Liu SX, Mo XG, Shu C, Sun Y, Zhang C (2011) Assessing the impact of climate change on potential evapotranspiration in Aksu River basin. *Journal of Geographical Science* 21:609–620. <https://doi.org/10.1007/s11442-011-0867-0>.

Artigo 4

Zoneamento bioclimático para codornas no período chuvoso no estado da Paraíba, Brasil

(Editado conforme normas da Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Agrária)

Zoneamento bioclimático para codornas no período chuvoso no estado da Paraíba, Brasil

Resumo: O trabalho foi realizado com o objetivo de realizar o zoneamento bioclimático, com base no índice de temperatura e umidade (ITU), para codornas da 3^a - 5^a semana de vida, durante o período chuvoso no estado da Paraíba, Brasil, identificando as mesorregiões aptas à criação das aves, para então, propor medidas mitigadoras permitindo o conforto térmico. Os dados mensais de temperatura e umidade relativa do ar para o cálculo do ITU foram obtidos por meio das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia, no período de 1961 – 2015. Após o cálculo do ITU, elaborou-se os mapas com a distribuição espacial. Com base nas informações coletadas conclui-se que, dentro do estado da Paraíba, as mesorregiões que apresentariam maior conforto no período chuvoso para codornas na terceira semana de vida seriam o Agreste, seguida da Zona da Mata, o estresse por calor seria encontrado nas demais mesorregiões, podendo ser utilizadas como formas de mitigação a oferta de água resfriada, ventilação cruzada, utilização de ventiladores e paisagismo circundante. Para codornas na quarta semana de vida, o conforto seria encontrado no Sertão, seguido da Zona da Mata e Borborema. No Agreste predominaria o estresse por frio, sendo uma forma de mitigação manter as cortinas nas instalações semiabertas permitindo a ventilação natural. Para codornas na quinta semana de vida, a zona de conforto seria encontrada na mesorregião do Agreste, seguida da Borborema, Zona da Mata e Sertão.

Palavras chave: Ambiência, bem-estar, coturnicultura, zona de conforto.

Bioclimatic zoning for quails in the rainy season in the state of Paraíba, Brazil

Abstract: The work was carried out with the objective of carrying out bioclimatic zoning, based on the temperature and humidity index (ITU), for quails from the 3rd - 5th week of life, during the rainy season in the state of Paraíba, Brazil, identifying the apt mesoregions to the breeding of these birds and to propose mitigating measures for the thermal comfort of the animals. The monthly data of temperature and relative humidity for the calculation of the ITU were obtained from the meteorological stations of the National Institute of Meteorology in the period from 1961 - 2015 and, after the calculation of the ITU, the maps with the spatial distribution were elaborated. The monthly data of temperature and relative humidity for the calculation of the ITU were obtained from the meteorological stations of the National Institute of Meteorology in

the period from 1961 - 2015 and, after the calculation of the ITU, the maps with the spatial distribution were elaborated. For quails in the fourth week of life, comfort would be found in the Sertão, followed by Zona da Mata and Borborema, while in Agreste cold stress would predominate, and as a way of mitigating keeping the curtains in the semi-open facilities allowing natural ventilation. For quails in the fifth week of life the comfort zone would be found in the Agreste mesoregion, followed by Borborema, Zona da Mata and Sertão.

Keywords: ambience, well-being, cotton farming, comfort zone

INTRODUÇÃO

O Brasil possui território extenso, com diversidades climáticas e particularidades em cada região. Nessas condições, existe a necessidade de identificar quais são e agrupar as principais zonas bioclimáticas, para que seja possível formular diretrizes construtivas e assim, definir a tipologia das instalações destinadas aos animais, a exemplo das codornas (Amorim et al., 2017).

Nesse sentido, o zoneamento bioclimático desponta como ferramenta eficiente, por conseguir agrupar áreas geográficas com condições semelhantes, possibilitando a distribuição dos animais em regiões que exibam condições de serem produzidas nestes ambientes, bem como a utilização de estratégias corretivas quando necessário, visando maior eficiência produtiva (Tavares et al., 2016). Eles são desenvolvidos com intuito de maximizar a produção de frango de corte (Oliveira et al., 2019), caprinos (Pequeno et al., 2017) e bovinos (Tavares et al., 2016), todavia, alguns limitadores podem ser encontrados na elaboração dos mapeamentos, como ausência de séries históricas completas de dados climáticos e número reduzido de estudos sobre o tema em diversas localidades brasileiras (Amorim et al., 2017).

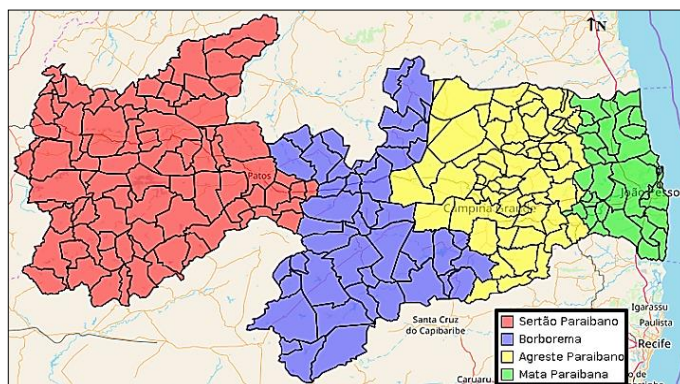
Assim, a ampliação dos conhecimentos sobre o zoneamento bioclimático para codornas em regiões áridas e semiáridas, pode impulsionar a sua produção, uma vez que, a coturnicultura é um setor avícola promissor, onde as aves possuem maturidade sexual precoce e alta produtividade (Sakamoto et al., 2018), com desempenho produtivo superior quando criadas dentro da zona de conforto térmico (Ribeiro et al., 2016). As temperaturas ambientes acima ou abaixo da zona de conforto térmico podem afetar de maneira negativa os índices zootécnicos, o desempenho e a reprodução das aves (Sousa et al. 2014b; El-Tarabany, 2015).

Assim, o objetivo dessa pesquisa angariou-se em realizar o zoneamento bioclimático, com base no índice de temperatura e umidade (ITU), para criação de codornas da 3ª a 5ª semana

de vida, durante o período chuvoso no estado da Paraíba, identificando as mesorregiões mais aptas para sua criação e, se preciso, propor medidas mitigadoras para o maior conforto dos animais.

MATERIAL E MÉTODOS

O zoneamento bioclimático localizou-se no estado da Paraíba, que ocupa 56.440 km², 0,662% de área do território brasileiro, pertencente a região Nordeste do Brasil, seu posicionamento está entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18" de latitude sul e, os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45" de longitude oeste. O estado está dividido em quatro mesorregiões: Zona da Mata paraibana; Agreste paraibano; Borborema e Sertão paraibano (Nobrega et al., 2014), doravante denominados de Zona da Mata, Agreste, Borborema e Sertão (Figura 1).



Fonte: Aesa, 2018.

Figura 1. Mesorregiões do estado da Paraíba.

A Paraíba apresenta quatro tipos de clima, o Aw (451,52 km²), que caracteriza a região como tropical, com período seco no inverno; Am (677,28 km²), característico de regiões monçônicas, sendo o clima relacionado às regiões de alto volume anual de precipitação, como é o caso da Zona da Mata; As (32.340,12 km²), encontrado na Zona da Mata, Agreste e Sertão, caracterizados pelo clima tropical com verão seco e o Bsh (22.971,08 km²), com clima seco semiárido, com baixa latitude e altitude, características das mesorregiões da Borborema e parte do Sertão.

Os dados climáticos são de estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do governo federal brasileiro, disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), sendo as variáveis utilizadas para o cálculo

do ITU, as médias mensais de temperatura do ar (TA, °C) e umidade relativa do ar (UR, %), no período de 1961 - 2015. As estações estão localizadas nos municípios de Areia, Campina Grande, João Pessoa, Monteiro, Patos e São Gonçalo.

O período chuvoso foi determinado pela média pluviométrica dos quatro meses mais chuvosos, portanto, os municípios de Patos e São Gonçalo apresentaram período chuvoso de janeiro a abril, Monteiro de fevereiro a maio e, Areia, Campina Grande e João Pessoa de abril a julho. A partir dos dados climáticos coletados calculou-se a temperatura de ponto de orvalho (T_{po}), (Equação 1), e os valores dos índices de temperatura e umidade (ITU) em cada estação meteorológica, através da equação proposta por Thom (1958) (Eq. 2):

$$T_{po} = \frac{237,3 \left(\log U_r + \frac{7,5t}{237,3+t} \right)}{7,5 - \log U_r - \frac{7,5t}{237,3+t}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Para $t \geq 0$ e a fração da U_r .

$$ITU = TA + (0,36 \times T_{po}) + 41,5 \quad (\text{Eq. 2})$$

A partir dos valores de ITU, foram elaborados mapas com a distribuição espacial utilizando o software Surfer® versão demo 13.6 para o período chuvoso do estado da Paraíba, sendo a interpolação dos dados realizada pelo método de krigagem.

Os dados climatológicos foram comparados com as condições de conforto térmico ideais para codornas, para identificar o bioclima indicado para sua produção. Em relação a zona de conforto térmico das codornas na terceira semana, tomou-se por base as recomendações de temperatura e umidade relativa do ar citadas por Sousa et al. (2014a), para a quarta e quinta semanas as informações descritas por Sousa et al. (2014b), para determinar a zona de conforto térmico da terceira a quinta semana de vida em relação ao ITU, as variáveis estão expostas na Tabela 1.

Semanas	Variáveis		ITU – Calculado
	TA (°C)	UR (%)	
3ª	23,0 - 24,6	52,6 - 64,4	69 – 72
4ª	26,1 - 27,3	53,8 - 66,6	73 – 76
5ª	25,0 - 26,1	56,2 - 65,2	71 -75

Tabela 1. Zona de conforto térmico em relação a temperatura, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade para codornas da terceira a quinta semana de vida.

Os mapeamentos por meio do índice de temperatura e umidade (ITU), foram utilizados para identificar as áreas que estariam com valores inferiores, ideais e superiores de ITU aos preconizados para codornas na terceira, quarta e quinta semanas de vida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estado da Paraíba, o índice de temperatura e umidade no período chuvoso varia de 71 - 76, com amplitudes de 72 - 74 na Zona da Mata, 71 - 72 no Agreste, 71 - 75 na Borborema e 74 - 76 no Sertão (Figura 2).

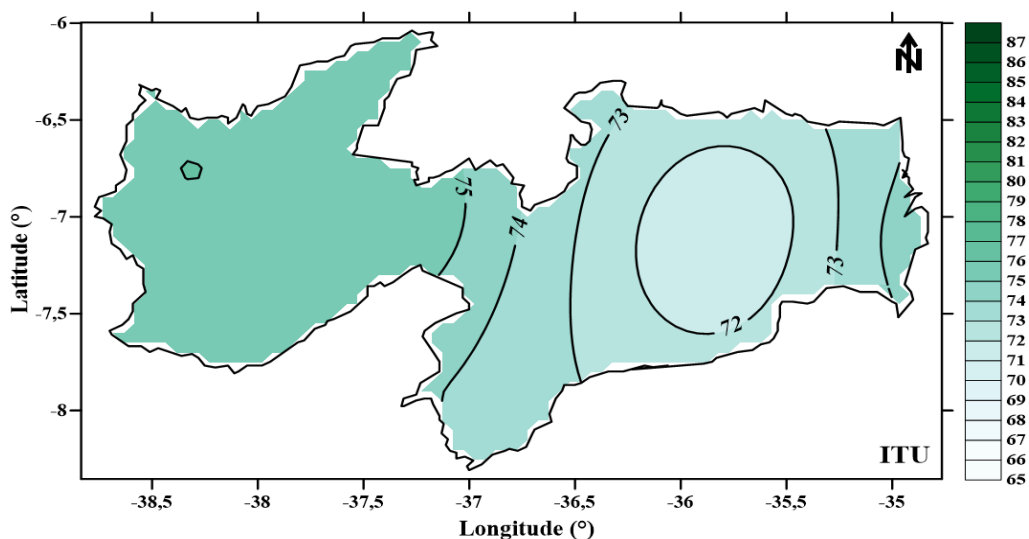


Figura 2. Distribuição espacial do ITU no período chuvoso.

Para a terceira semana de vida das codornas as faixas de ITU de 69 - 72, temperatura do ar entre 23 - 24,6°C e a umidade relativa do ar entre 52,6 - 64,4% podem propiciar as aves melhores condições térmicas e, assim alcançar o melhor desempenho zootécnico (Sousa et al., 2014a). Na mesorregião do Agreste, os valores de ITU estariam dentro da ZCT (71 - 72), onde os históricos de TA variam de 22 - 24°C e UR 76 - 82%; a maior parte da Zona da Mata estaria em estresse por calor (72 - 74), com TA oscilando de 23 - 25°C e UR de 79 - 82%, observando-se ITU ideal (72) na divisa territorial com o Agreste, correspondente a 23% do território da mesorregião (Figura 3).

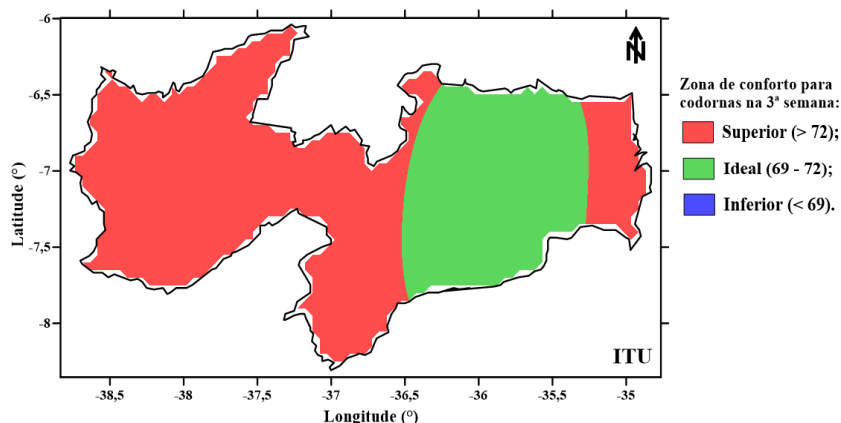


Figura 3. Distribuição espacial das faixas do índice de temperatura e umidade para codornas na 3ª semana no período chuvoso.

Na mesorregião da Borborema as variáveis TA e UR permeiam entre 22 - 26°C e 64 - 79%, respectivamente, resultando em estresse por calor, ITU entre 71 - 75, exceto na transição com o Agreste, onde o conforto estaria em 27,3% do território e, no Sertão estresse por calor, ITU entre 74 - 76, com TA variando de 25 - 27°C e UR de 64 - 76% (Figura 2). O estresse por calor para codornas nesta fase estaria em 77% do território da Zona da Mata, 72,7% da Borborema e 100% do Sertão, sendo necessária a utilização de medidas mitigadoras para evitar redução no desempenho produtivo das codornas, pois condições ambientais inadequadas dentro das instalações, podem resultar em redução na eficiência produtiva das aves (Oliveira et al., 2016).

Em estresse por calor a partir de 24°C, as codornas utilizariam mecanismos comportamentais e fisiológicos para manter a temperatura corporal, como a redução na ingestão de alimentos. Na transição da temperatura de 24 para 27°C, esta redução é em torno de 18 g ave⁻¹ dia⁻¹, ocasionando, conseqüentemente, queda no ganho de peso, em torno de 8 g ave⁻¹ dia⁻¹, no abate pode ocorrer diminuição no peso, rendimento da carcaça em torno de 4,5 %, em razão da tentativa da ave em reduzir a produção de calor interno, ou seja, o desempenho dos animais está intimamente relacionado com as condições térmicas do ambiente ao qual são submetidas (Sousa et al., 2014a).

A umidade relativa do ar está acima da ZCT nesse período nas mesorregiões da Zona da Mata e Borborema, portanto devem ser adotadas medidas corretivas com intuito de minimizar os efeitos deletérios para criação de codornas na terceira semana de vida, como a ventilação cruzada, que é uma estratégia que pode ser adotada nas instalações convencionais equipadas com cortinas e possibilitam sua abertura quando necessário, permitindo a remoção do excesso de calor e umidade por meio da renovação de ar dentro da instalação, melhorando a qualidade

do ar, o desempenho das aves, proporcionando redução dos custos produtivos (Santos et al., 2017).

Enquanto, neste período no Sertão a TA e UR se encontrariam acima da ZCT para a terceira semana de vida das aves, algumas medidas mitigadoras podem auxiliar os animais na dissipação do calor corporal, como oferta e resfriamento da água, utilização de ventiladores, com intuito de facilitar a dissipação do calor excedente, melhorando a sensação térmica do microambiente das instalações (Silva et al., 2015; Schiassi et al., 2015; Castro et al., 2017) e, utilização do paisagismo circundante para evitar a reflexão dos raios solares.

Para codornas na quarta semana de vida, a faixa de ITU ideal é entre 73 - 76, com temperatura variando de 26,1 - 27,3°C e umidade relativa de 53,8 a 66,6% (Sousa et al., 2014b), pois elas alcançam desempenho zootécnico otimizado, portanto, o ITU se encontra dentro da ZCT (74 - 76) no Sertão, em 77% da área territorial da Zona da Mata (73 - 75), 72,7% da Borborema (73 - 74) e, no Agreste predominaria o estresse por frio (71 - 72), devido as baixas temperaturas e elevadas umidades relativas do ar (Figura 4).

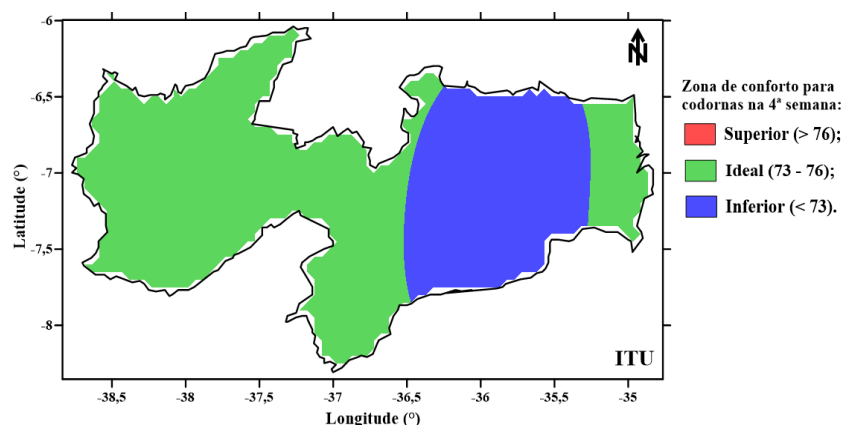


Figura 4. Distribuição espacial das faixas do índice de temperatura e umidade para codornas na 4º semana no período chuvoso.

Assim, em 23% do território da Zona da Mata e em 27,3% da Borborema predominar-se-ia o estresse por frio, situação que pode causar transtornos fisiológicos e comportamentais nas aves, haja vista que seu aparelho termorregulador ainda está pouco desenvolvido, tornando-as sensíveis ao frio quando jovens (Schiassi et al., 2015).

Em situação de estresse por frio, as aves tendem a manter ou elevar o consumo de alimento, porém, desviam parte da energia que serviria para deposição tecidual, para a manutenção, diminuindo o desempenho produtivo, ocorrendo aumento do peso relativo dos órgãos pela necessidade de maior produção de calor corporal (Sousa et al., 2014b). Por isso,

tornam-se necessárias à aplicação de medidas mitigadoras para evitar o estresse e a redução na produção.

Na tentativa de minimizar os efeitos da temperatura abaixo do conforto e a elevada umidade relativa do ar, que podem causar impactos no desempenho das aves (El Kholy et al., 2017), pode-se manter as cortinas nas instalações semiabertas em horários onde a temperatura apresenta-se amena com intuito de aumentar a TA interna, permitindo a renovação de ar em seu interior por meio da ventilação natural, e conseqüentemente, reduzindo a umidade (Santos et al. 2017).

Para a quarta semana de vida a TA na Borborema, Zona da Mata e Agreste estaria abaixo da preconizada e a UR acima do conforto, podendo-se adotar em todas, as mesmas medidas corretivas. A faixa ideal de ITU para codornas na quinta semana de vida varia de 71 - 75, com temperaturas entre 25 e 26,2°C e umidade relativa do ar de 56,2 - 65,2%. O ITU dentro dessa zona é encontrada nas áreas territoriais da Zona da Mata (72 - 74), Agreste (71 - 72) e Borborema (71 - 75) e, em 99,5% do Sertão (74 - 75), existindo uma área reduzida de transição (76) entre conforto e estresse por calor (Figura 5).

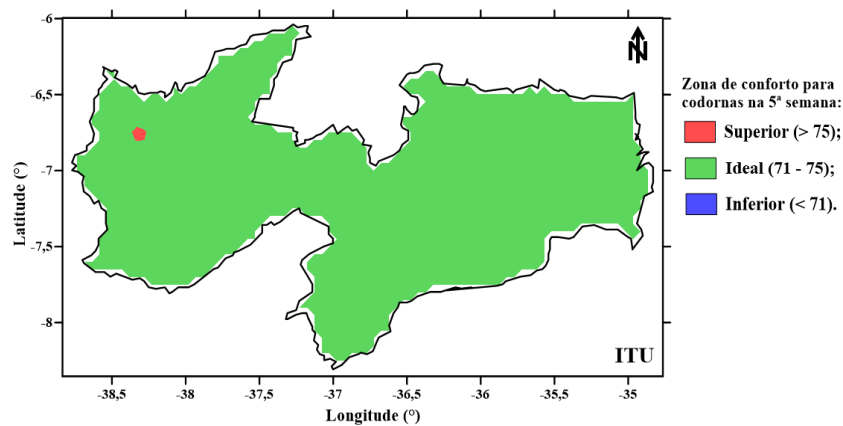


Figura 5. Distribuição espacial das faixas do índice de temperatura e umidade para codornas na 5ª semana no período chuvoso.

No período chuvoso no Sertão a TA e UR estariam acima da ZCT para a quinta semana de vida das aves. Nesse caso, as mesmas medidas mitigadoras adotadas para a terceira semana podem auxiliar esses animais na dissipação do calor corporal.

Sob estresse térmico as aves tendem a manter-se a maior parte do tempo em repouso, elevam o consumo de água e reduzem o consumo de alimentos, para minimizar a produção de calor corporal. O maior desconforto térmico para as codornas ocorre com alta temperatura e elevada umidade relativa do ar, uma vez que, o principal mecanismo de dissipação de calor de

aves é por via evaporativa do trato respiratório, e sua ativação influencia na frequência cardiorrespiratória (Bueno et al., 2017).

Em codornas na quinta semana de vida, submetidas a transição de temperatura de 26 para 30°C, acima da ZCT, acontece diminuição média de 5,0 g ave⁻¹ dia⁻¹ no consumo de ração, redução no ganho de peso de 13,0 g ave⁻¹ dia⁻¹, podendo chegar a uma diminuição de 19,0 g ave⁻¹ dia⁻¹ caso a temperatura eleve-se à 33°C (Sousa et al., 2014b). Por causa do desconforto pontual dentro da mesorregião do Sertão, faz-se necessário a utilização de eventuais medidas mitigadoras, buscando assim, a amenização dele em todo território.

A partir dessa fase, os animais são destinados à postura ou à corte, sendo necessário atentar ainda mais para as alterações bruscas nas variáveis climáticas, principalmente, a temperatura elevada que ocasiona problemas com utilização de ração, conseqüentemente, com a taxa de crescimento, ganho de peso e produtividade.

De acordo com El Tarabany (2015), as codornas de postura submetidas a variação de temperatura de 24 °C para 32 °C, além de apresentarem diminuição no consumo de ração (4,2 g ave⁻¹ dia⁻¹) e no ganho de peso (15 g ave⁻¹ dia⁻¹), possuem declínio na produção de ovos (6,7%), no peso dos ovos (0,25 g ave⁻¹ dia⁻¹), na eclodibilidade dos ovos (4,5%), além de reduzir a qualidade dos ovos e de suas características internas. Bonfim et al. (2016) citam que, codornas destinadas à corte submetidas a variação de temperatura de 26 °C para 32 °C, diminuem o consumo de ração (15,8%), o ganho de peso (5,7%), e sofrem alterações na qualidade da carne, características de carcaça e peso de alguns órgãos, como o coração com redução de 0,12% em seu tamanho.

As instalações são responsáveis pelo microclima interno nos aviários, sendo os modelos mais comuns para criação de codornas no Brasil os abertos nas laterais, com utilização de telhas cerâmicas ou de fibro-cimento, cortinas e mini cortinas que permitam seu fechamento total, quando necessário (Silva et al., 2015). Preconizando o conforto térmico das codornas na construção de novas instalações, se deve utilizar materiais adequados para sua construção, evitando o estresse térmico, pois causam impactos negativos e perdas econômicas (Silva et al., 2015; Ribeiro et al., 2016; Santos et al., 2019).

Na escolha da orientação das instalações convencional, deve-se optar, quando possível, pela construção das maiores dimensões no sentido Leste-Oeste, tendo em vista que na maior parte do dia a radiação solar direta incidirá sobre seus oitões e sua cobertura, evitando a incidência em seu interior. O pé-direito deve variar entre 2,8 - 3,5 m, quando as larguras máximas forem de 8 a 10 m. Sobre a localização do terreno, é preferível que o solo seja firme

e apresente boa drenagem, evitando baixadas, por possuírem pouca insolação e irregularidade na movimentação do ar, facilitando o surgimento e propagação de microrganismos patógenos (Lopes Neto, 2017).

CONCLUSÕES

Com base no índice de temperatura e umidade dentro do estado da Paraíba, as mesorregiões que apresentariam maior conforto no período chuvoso para codornas na terceira semana de vida seriam o Agreste, seguida da Zona da Mata, o estresse por calor ocorreria nas demais mesorregiões, podendo ser utilizadas como forma de mitigação a oferta de água resfriada, ventilação cruzada, utilização de ventiladores e paisagismo circundante.

Para codornas na quarta semana de vida o conforto seria encontrado no Sertão, seguido da Zona da Mata e Borborema, enquanto que no Agreste predominaria o estresse por frio, podendo-se como forma de mitigação, manter as cortinas nas instalações semiabertas permitindo a ventilação natural. Para aquelas da quinta semana de vida a zona de conforto seria encontrada na mesorregião do Agreste, seguida da Borborema, Zona da Mata e Sertão.

REFERÊNCIAS

AESA - Agência executiva de gestão das águas do estado da Paraíba. <http://siegrh.aesa.pb.gov.br:8080/aesa-sig/>. 26 Out. 2018.

Amorim, A.C.; Carlo, J.C. Análise das propostas de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro: estudo de caso de Colatina, ES. *Ambiente Construído*, v.17, n.1, p.373-391, 2017. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000100140>.

Bonfim, D.S.; Siqueira, J.C.; Bonfim, M.A.D.; Ribeiro, F.B.; Oliveira, F.L.; Nascimento, D.C.N.; Melo, S.A. Productive characteristics of meat quails reared in different environments. *Semina: Ciências Agrárias*, v.37, n.6, p.4313-4326, 2016. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n6p4313>.

Braga, J.S.; Macitelli, F.; Lima, V.A.; Diesel, T. O modelo dos “cinco domínios” do bem-estar animal aplicado em sistemas intensivos de produção de bovinos, suínos e aves. *Revista*

Brasileira de Zootecnia, v.19, n.2, p.204-226, 2018. <https://doi.org/10.34019/2596-3325.2018.v19.24771>.

Bueno, J.P.R.; Nascimento, M.R.B.M.; Martins, J.M.S.; Marchini, C.F.P.; Gotardo, L.R.M.; Sousa, G.M.R.; Mundim, A.V.; Guimarães, E.C.; Rinaldi, F.P. Effect of age and cyclical heat stress on the serum biochemical profile of broiler chickens. *Semina: Ciências Agrárias*, v.38, n.3, p.1383-1392, 2017. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n3p1383>.

Castro, J.O.; Yanangi Junior, T.; Ferraz, P.F.P.; Fassani, E.J. Comportamento de codornas japonesas submetidas a diferentes temperaturas. *Revista Energia na Agricultura*, v.32, n.2, p.141-147, 2017. https://www.researchgate.net/publication/323592469_comportamento_de_codornas_japonesas_submetidas_a_diferentes_temperaturas. 26 Out. 2019.

El-Kholy, M.S.; El-Hindawy, M.M.; Alagawany, M.; Abd El-Hack, M.E.; El-Sayed, S.A.A. Dietary supplementation of chromium can alleviate negative impacts of heat stress on performance, carcass yield, and some blood hematology and chemistry indices of growing japanese quail. *Biological Trace Element Research*, v.179, n.1, p.148-157, 2017. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12011-017-0936-z>. 11 Out. 2019.

El-Tarabany, M.S. Impact of temperature-humidity index on egg-laying characteristics and related stress and immunity parameters of japanese quails. *International Journal of Biometeorology*, v.60, n.7, p.957-964, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1088-5>.

Francisco, P.R.M.; Medeiros, R.M.; Santos, D.; Matos, R.M. Classificação climática de köppen e thornthwaite para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015. https://www.researchgate.net/publication/332739592_CLASSIFICACAO_CLIMATICA_DE_KOPPEN_E_THORNTHWAITE_PARA_O_ESTADO_DA_PARAIBA. 11 Out. 2019.

INMET - Instituto nacional de meteorologia. <http://www.inmet.gov.br/portal/>. 26 Out. 2018.

Lopes Neto, J.P. Construções e Instalações Rurais. 1.ed. NT Editora. Brasília – DF. 2017. 138 p.

<https://avant.grupont.com.br/dirVirtualLMS/arquivos/arquivosPorRange/0000000740/texto/e8ae60bc004141a92c707e4546ee5edc.pdf>. 26 Out. 2018.

Nobrega, J.N.; Santos, C.A.C.; Gomes, O.M.; Bezerra, B.G.; Brito, J.I.B. Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos tropicais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.29, n.2, p.197-208, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000200005>.

Oliveira, P.M.; Faria Júnior, M.J.A.; Garcia Neto, M. Estratégias para minimizar os efeitos de um ambiente térmico adverso para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.68, n.3, p.739-747, 2016. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8690>.

Oliveira, P.T.L.; Amaro, A.L.N.; Yanagi Júnior, T.; Ferraz, G.A.S.; Yanagi, S.N.M. Bioclimatic zoning and trend analysis applied to broilers. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.71, n.5, p.1631-1638, 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10831>.

Pequeno, I.D.; Turco, S.H.N.; Silva, T.G.F.; Facó, O. Dairy production of ‘saanen’ goats based on meteorological variables and future climate scenarios. *Engenharia Agrícola*, v.37, n.2, p.226-235, 2017. <http://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v37n2p226-235/2017>.

Ribeiro, T.L.A.; Souza, B.B.; Brandão, P.A.; Roberto, J.V.B.; Medeiros, T.T.B.; Silva, J.J.; Carvalho Júnior, J.E.M. Diferentes níveis de proteína e energia sobre o comportamento fisiológico e desempenho de codornas europeias no semiárido brasileiro. *Journal of Animal Behaviour of Biometeorology*, v.4, n.3, p.76–83, 2016. [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/journal-animal-behaviour-and-biometeorology/4-\(2016\)-3/diferentes-niveis-de-proteina-e-energia-sobre-o-comportamento-fisiolog/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/journal-animal-behaviour-and-biometeorology/4-(2016)-3/diferentes-niveis-de-proteina-e-energia-sobre-o-comportamento-fisiolog/). 16 Jul. 2019.

Sakamoto, M.I.; Murakami, A.E.; Fernandes, A.M.; Ospina-Rojas, I.C.; Nunes, K.C.; Hirata, A.K. Performance and serum biochemical profile of japanese quail supplemented with silymarin and contaminated with aflatoxin B1. *Poultry Science*, v.97, n.1, p.159–166, 2018. <https://doi.org/10.3382/ps/pex277>.

Santos, T.C.; Gates, R.S.; Tinôco, I.F.F.; Zolnier, S.; Baêta, F.C. Behavior of japanese quail in different air velocities and air temperatures. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.52, n.5, p.344-354, 2017. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000500008>.

Santos, T.C.; Gates, R. S.; Tinôco, I.F.F.; Zolnier, S.; Rocha, K.S.O.; Freitas, L.C.S.R. Productive performance and surface temperatures of japanese quail exposed to different environment conditions at start of lay. *Poultry Science*, v.98, n.7, p.2830–2839, 2019. <https://doi.org/10.3382/ps/pez068>.

Schiassi, L.; Yanagi Junior, T.; Ferraz, P.F.P.; Campos, A.T.; Silva, G.R.; Abreu, L.H.P. Comportamento de frangos de corte submetidos a diferentes ambientes térmicos. *Engenharia Agrícola*, v.35, n.3, p.390-396, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n3p390-396/2015>.

Silva, R.C.; Rodrigues, L.R.; Rodrigues, V.P.; Arruda, A.S.; Souza, B.B. Análises do efeito do estresse térmico sobre produção, fisiologia e dieta de aves. *Revista Agropecuária científica no semiárido*, v.11, n.2, p.22-26, 2015. <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/644>. 26 Ago. 2019.

Sousa, M.S.; Tinôco, I.F.F.; Amaral, A.G.; Inoue, K.R.A.; Barreto, S.L.; Savastano Júnior, H.; Souza, C.P.; Paula, M.O. Thermal comfort zones for starter meat – type qualis. *Brasilian Journal of Poultry Science*. v.16, n.3, p.265-272, 2014a. <https://doi.org/10.1590/1516-635x1603265-272>.

Sousa, M.S.; Tinôco, I.F.F.; Barreto, S.L.T.; Amaral, A.G.; Pires, L.C.; Ferreira, A.S. Determinação de limites superiores da zona de conforto térmico para codornas de corte aclimatizadas no Brasil de 22 a 35 dias de idade. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.15, n.2, p.350-360, 2014b. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402014000200019>.

Tavares, G.F.; Camevskis, E.L.; Carlos Filho, R.; Miranda, K.O.S.; Miranda, J.H. Zoneamento bioclimático para bovinos de corte no Brasil com o auxílio de sistemas inteligentes. *Journal of*

Animal Behaviour of Biometeorology, v.4, n.4, p.116-123, 2016.
<https://doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v4n4p116-123>.

Thom, E.C. "Cooling degree: day air conditioning, heating, and ventilation". Transactions of the Amer. Soc. Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, v.55, n.2, p.65-72, 1958. <https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>.

Artigo 5

Zoneamento bioclimático para codornas no período seco com base no estado da Paraíba, Brasil

(Editado conforme normas da Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Agrária)

Zoneamento bioclimático para codornas no período seco com base no estado da Paraíba, Brasil

Resumo: Com base no índice de temperatura e umidade, para codornas da 3^a - 5^a semana de vida, no período seco no estado da Paraíba, Brasil objetivou-se a realização do zoneamento bioclimático, identificando as mesorregiões aptas para criação das aves e, quando necessário propor medidas mitigadoras para maior conforto dos animais. O zoneamento bioclimático foi realizado para as mesorregiões do estado, os dados climáticos utilizados são de estações meteorológicas no período de 1961 - 2015, a partir deles elaborou-se mapas com a distribuição espacial do índice, identificando as regiões com condições de conforto térmico ideais para os animais. Para codornas na terceira semana, a mesorregião do Agreste proporcionaria a melhor situação no período seco, não necessitando de nenhuma medida corretiva para manter o conforto destes animais enquanto na Zona da Mata, Borborema e Sertão ocorreria estresse, devido à elevação das variáveis TA e UR, utilizadas para o cálculo do ITU. Na quarta semana de vida das codornas, as mesorregiões que propiciariam valores de ITU dentro da ZCT no período seco seria a Zona da Mata e Sertão, não havendo necessidade de nenhuma medida corretiva. No Agreste e na Borborema, se observaria estresse por frio, pela diminuição da TA e elevação da UR no período. A ZCT para codornas na quinta semana de vida, poderia ser encontrada em todo o estado da Paraíba, sem necessidade de medidas mitigadoras nessa fase.

Palavras chave: coturnicultura. medidas mitigadoras. mesorregiões.

Bioclimatic zoning for quails in the dry period in the state of Paraíba, Brazil

Abstract: This study aimed to achieving the bioclimatic mapping from the temperature and moisture content, for quail 3rd - 5th week of life, the dry period in the state of Paraíba, Brazil, identifying suitable meso for creating these birds and when necessary to propose mitigating measures for greater animal comfort. The bioclimatic zoning was carried out for the mesoregions of the state, and the climatic data obtained from meteorological stations in the period from 1961 - 2015, from these maps were elaborated with the spatial distribution of the index identifying the regions with ideal thermal comfort conditions for the animals. For quails in the third week, the Agreste mesoregion would provide the best situation in the dry period, requiring no corrective measures to maintain the comfort of these animals while in the Zona da

Mata, Borborema and Sertão stress would occur, due to the elevation of the variables TA and UR, used to calculate the ITU; In the fourth week of life of the quails, the mesoregions that would provide ITU values within the ZCT in the dry period would be the Zona da Mata and Sertão, with no need for any corrective measures. In Agreste and Borborema, cold stress would be observed, due to the decrease in TA and increase in RH in this period; The ZCT for quails in the fifth week of life could be found throughout the state of Paraíba, with no need for mitigating measures at this stage.

Keywords: Coturniculture, mitigation measures, mesoregions.

INTRODUÇÃO

A criação de codornas em climas tropicais e subtropicais como o do Brasil, com elevadas temperaturas, umidade relativa do ar e radiação solar intensa em boa parte do ano, podem provocar condições de desconforto térmico às codornas (Porto & Fontenele Neto, 2020).

O estresse térmico por calor nas aves é um dos principais gargalos da coturnicultura, uma vez que, afeta diretamente suas condições de bem-estar, promovendo alterações fisiológicas e comportamentais, como redução no consumo de ração, aumento da ingestão de água, taquicardia, taquipneia e agitação na tentativa de dissipar o calor corporal para o meio ambiente (El-Kholy et al., 2017; Santos et al., 2019). Essas alterações podem resultar em prejuízos econômicos para o setor avícola, porque as aves reduzem o ganho de peso, aumentam a conversão alimentar, reduzem o número, qualidade dos ovos e a qualidade da carcaça, além de aumentar a taxa de mortalidade (Kamel et al., 2017).

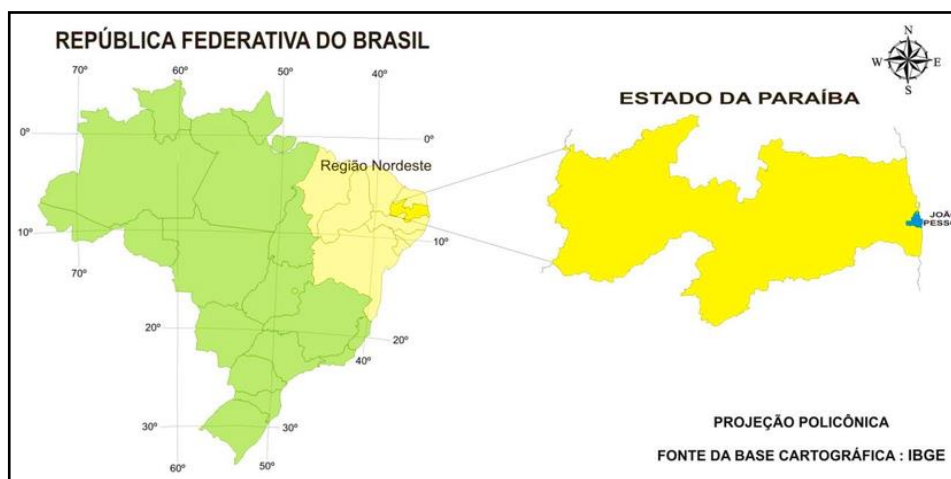
Com a disponibilidade de dados meteorológicos, é possível a elaboração do zoneamento bioclimático de determinadas regiões, possibilitando a identificação de áreas com possíveis ocorrências de estresse térmico para as codornas, auxiliando os produtores nas tomadas de decisões em relação a tipologia das construções e ao manejo ambiental das instalações e dos animais, podendo-se produzir aves em regiões que apresentam maior conforto, assim como a aplicação de medidas mitigadoras, quando necessário, visando maior eficiência produtiva (Tavares et al., 2016).

Contudo, o objetivo do presente trabalho reside em realizar o zoneamento bioclimático, com base no índice de temperatura e umidade (ITU), para criação de codornas da 3ª a 5ª semana

de vida, no período seco no estado da Paraíba, identificando as mesorregiões aptas para criação destas e, se for o caso, propor medidas mitigadoras para maior conforto dos animais.

MATERIAL E MÉTODOS

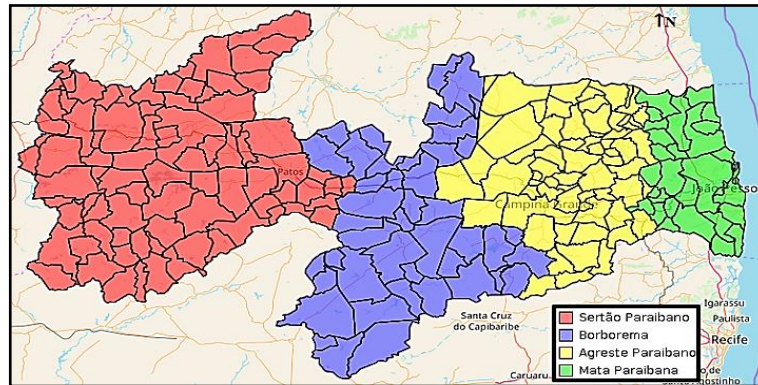
O zoneamento bioclimático concentrou-se no estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil (Figura 1), que apresenta uma área de 56.440 km² correspondente a 0,662 % do território nacional. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18" de latitude sul, entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45" de longitude oeste.



Fonte: Francisco et al., 2015.

Figura 1. Localização do estado da Paraíba no mapa do Brasil

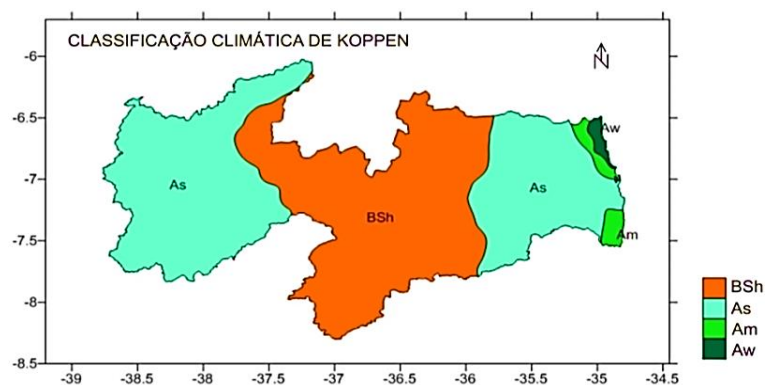
Segundo Nobrega et al. (2014), o estado da Paraíba está dividido em quatro mesorregiões distintas: Zona da Mata paraibana; Agreste paraibano; Borborema e Sertão paraibano, doravante denominados de Zona da Mata, Agreste, Borborema e Sertão (Figura 2).



Fonte: AESA, 2018.

Figura 2. Mesorregiões do estado da Paraíba

De acordo com a classificação Köppen, a Paraíba apresenta quatro tipos diferentes de clima. O clima Aw (451,52 km²), caracteriza a região como tropical com período seco no inverno (Figura 3); Am (677,28 km²), característico de regiões monçônicas, é o clima relacionado às regiões de alto volume anual de precipitação, a exemplo da Zona da Mata. O tipo climático As (32.340,12 km²), encontrado na Zona da Mata, Agreste e Sertão, possui clima tropical com verão seco e por fim, o tipo climático Bsh (22.971,08 km²), caracterizado pelo clima seco semiárido com baixa latitude e altitude, que se estende por toda mesorregião da Borborema, e parte do Sertão (Francisco et al., 2015; Alvares et al., 2013).



Fonte: Francisco et al., 2015.

Figura 3. Classificação climática de Köppen para o estado da Paraíba

Os dados climáticos foram obtidos de estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do Governo Federal, os dados estão disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), cujas variáveis abrangem valores mensais de temperatura do ar (TA, °C) e umidade relativa do ar (UR, %) no período de 1961 -

2015, para efetuar os cálculos do ITU, cujos os postos estão localizados nos municípios de Areia, Campina Grande, João Pessoa, Monteiro, Patos e São Gonçalo (Figura 4).

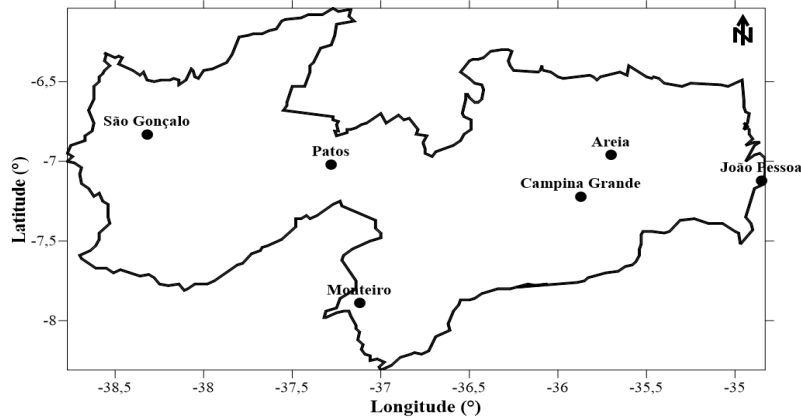


Figura 4. Localização dos postos meteorológicos

Determinou-se o período seco a partir da média dos quatro meses mais secos da série pluviométrica de cada posto. Assim, na Tabela 1 estão o tamanho da série e os meses que constituem o período seco.

Estação	Período	Seco
João Pessoa	1961 – 2015	Setembro – Dezembro
Areia	1974 – 2015	Setembro – Dezembro
Campina Grande	1961 – 2015	Setembro – Dezembro
Monteiro	1962 – 2015	Agosto – Novembro
Patos	1976 – 2015	Agosto – Novembro
São Gonçalo	1961 – 2015	Agosto – Novembro

Tabela 1. Meses mais secos para as estações em estudo

A partir dos dados climáticos coletados, calculou-se a temperatura de ponto de orvalho (T_{po}), temperatura na qual a parcela de ar atinge a saturação apenas por resfriamento, em graus Celsius, Eq. 1.

$$T_{po} = \frac{237,3 \left(\log U_r + \frac{7,5t}{237,3+t} \right)}{7,5 - \log U_r - \frac{7,5t}{237,3+t}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Para $t \geq 0$ e a fração da U_r .

Logo, o ITU foi calculado pela equação proposta por Thom (1958) (Eq. 2):

$$ITU = TA + (0,36 \times T_{po}) + 41,5 \quad (\text{Eq. 2})$$

O ITU é uma grandeza adimensional. A partir dos seus valores foram elaborados mapas com a distribuição espacial, utilizando o software Surfer® versão demo 13.6, sendo a interpolação dos dados feita pelo método de krigagem.

Os dados climatológicos foram comparados com as condições de conforto térmico ideais para codornas existentes na literatura, com intuito de encontrar o bioclima confortável para a produção desses animais dentro do estado. Para avaliar as condições para codornas na terceira semana, tomou-se como base as recomendações de temperatura e umidade relativa do ar citadas por Sousa et al. (2014a), que realizaram a determinação das faixas de conforto térmico para codornas de corte de diferentes idades (Tabela 2).

Semanas	Variáveis		ITU - Calculado
	TA (°C)	UR (%)	
3ª	24,6 - 23	52,6 - 64,4	69 - 72
4ª	26,1 - 27,3	53,8 - 66,6	73 - 76
5ª	25 - 26,1	56,2 - 65,2	71 - 75

Tabela 2. Faixa de conforto térmico em relação a temperatura, umidade relativa do ar e índice de temperatura e umidade para codornas da terceira até a quinta semana de vida

Na quarta e quinta semanas utilizou-se a pesquisa de Sousa et al. (2014b), que determinaram os limites superiores da zona de conforto térmico (ZCT) para codornas de corte aclimatizadas no Brasil de 22 - 35 dias de idade. Para encontrar a faixa de conforto ideal para codornas até a quinta semana de vida em relação ao ITU se utilizou essas variáveis, sendo o procedimento de cálculo igual ao anterior.

Os mapeamentos por meio do índice de temperatura e umidade durante o período seco, foram utilizados para verificar as áreas que apresentariam valores inferiores, ideais e superiores de ITU's aos preconizados para codornas na terceira, quarta e quinta semana de vida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período seco ocorre variação do ITU no estado da Paraíba de 71 - 75, onde observa-se uma variação de 73 - 75 na Zona da Mata, 71 - 73 no Agreste, 71 - 74 na Borborema e 74 - 75 no Sertão (Figura 5).

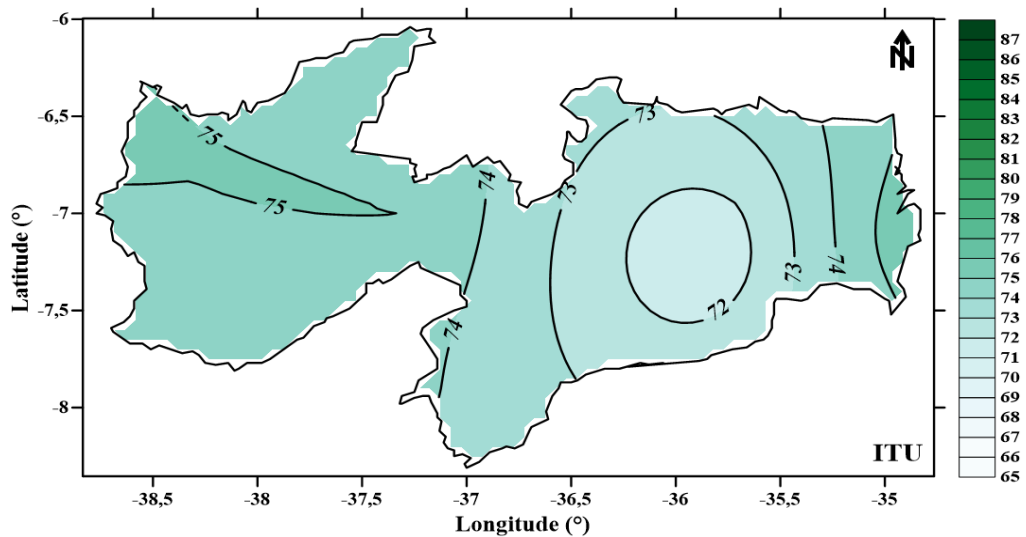


Figura 5. Distribuição espacial do ITU durante o período seco

Para criação de codornas na terceira semana de vida no período seco, 89,5% do território do Agreste estaria dentro da faixa ideal de ITU (71 - 72), apresentando variação de TA entre 23 - 24 °C e UR de 64 - 76%. A Borborema por sua vez, com TA e UR de 23 - 27 °C e 52 - 72%, teria 32,9 % de seu território dentro da ZCT e, em 10,5 % da área territorial do Agreste e em 67,1% da Borborema predominaria o estresse por calor. Nas mesorregiões da Zona da Mata (73 - 75) e Sertão (74 - 75) o estresse por calor ocorreria em 100 % do território (Figura 6).

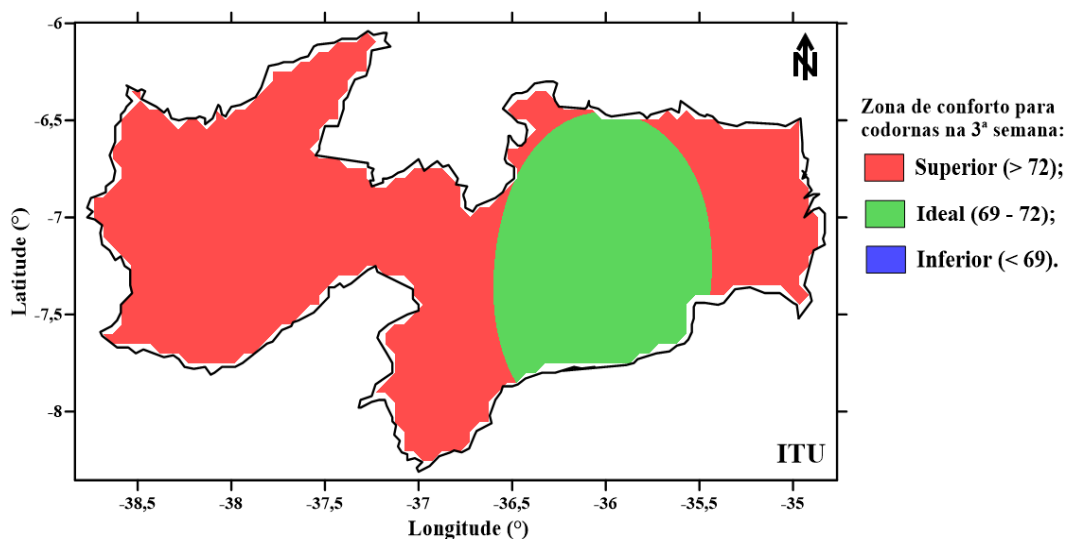


Figura 6. Distribuição espacial das faixas do índice de temperatura e umidade para codornas na 3ª semana no período seco

O Sertão é a mesorregião que apresenta as temperaturas mais elevadas e baixa umidade, enquanto a Zona da Mata é caracterizada pelas altas temperatura e umidade relativa. Altas

temperaturas podem causar efeito maléfico na produtividade das codornas. El Kholy et al. (2017), ao avaliarem o desempenho desses animais, observaram declínio no consumo de ração e ganho de peso variando de 0,9 - 1,4 g ave⁻¹ dia⁻¹ e 7 - 8 g ave⁻¹ dia⁻¹, respectivamente, para variação de temperatura entre 23 e 33 °C.

Dessa forma, seriam necessárias medidas corretivas com objetivo de proporcionar maior conforto aos animais nessas mesorregiões, tendo em vista que, as aves são animais sensíveis a elevadas temperaturas, podendo ocasionar além de perdas produtivas, aumento da mortalidade e, conseqüentemente, perdas econômicas (Silva et al., 2015).

Para criação de codornas na quarta semana de vida, as mesorregiões da Zona da Mata (73 - 75) e Sertão, o ITU (74 - 75) poderiam estar dentro da ZCT estabelecida em 100% dos territórios estando, portanto, aptas à criação sem necessidade de aplicação de medidas mitigadoras (Figura 7).

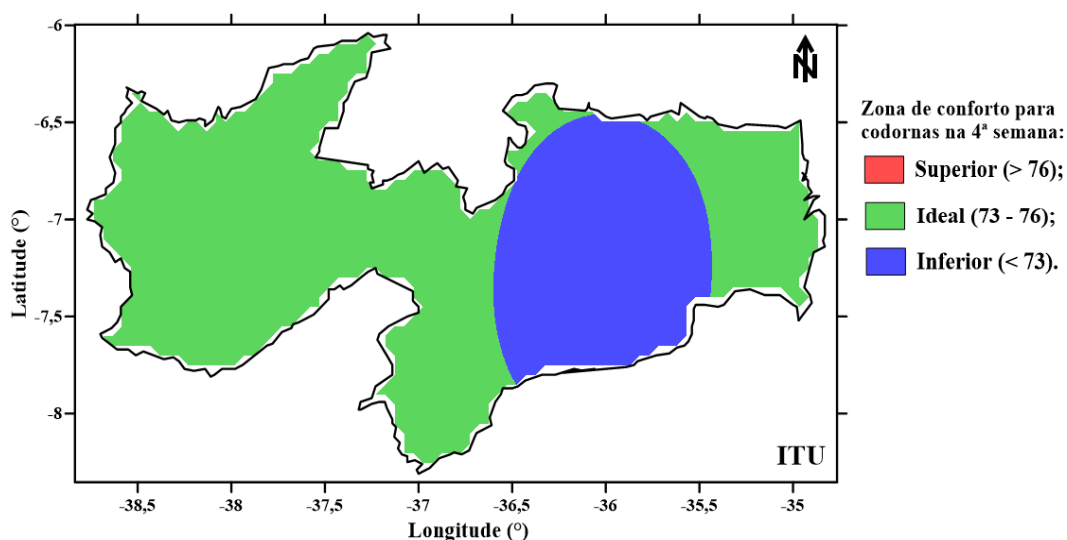


Figura 7. Distribuição espacial das faixas do índice de temperatura e umidade para codornas na 4ª semana no período seco

Observa-se que 67,1% do território da mesorregião do Borborema apresentaria conforto de acordo com o ITU, que varia de 73 - 74, enquanto no Agreste (73) apenas 10,5% do território as mesmas condições seriam observadas.

No entanto, as mesorregiões da Borborema e Agreste também registrariam estresse por frio (71 - 72) em 32,9 e 89,5%, respectivamente, o que tornaria necessária à aplicação de medidas corretivas, já que situações em que as temperaturas se encontram abaixo da zona crítica inferior, trazem prejuízos ao desempenho de codornas.

Castro et al. (2017), avaliando o comportamento de codornas submetidas a diferentes temperaturas, identificaram elevação no consumo de alimentos dos animais em $2 \text{ g ave}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ quando ocorreu a redução de $24 \text{ }^\circ\text{C}$ para $20 \text{ }^\circ\text{C}$. De acordo com Ribeiro et al. (2016), os animais tendem a aumentar o consumo de alimentos, para maximizar a produção de calor e assim, manter a temperatura corporal constante.

Com base na ZCT em relação ao ITU (71 - 75), todas as mesorregiões do estado da Paraíba, estariam aptas para a criação de codornas na quinta semana de vida não havendo a necessidade de medidas corretivas nas instalações, uma vez que, 100% de suas áreas territoriais se apresentariam dentro do conforto (Figura 8).

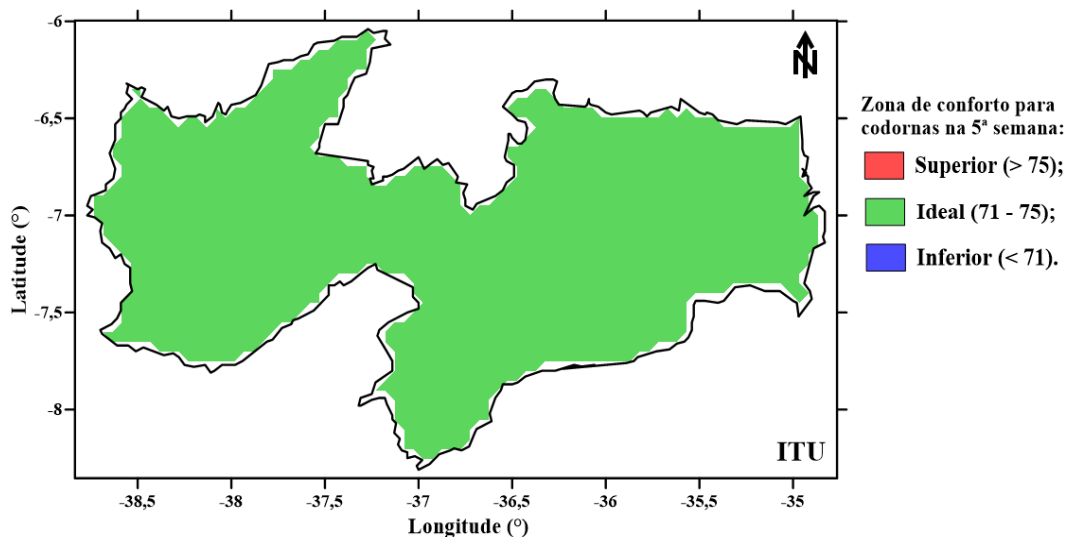


Figura 8. Distribuição espacial das faixas do índice de temperatura e umidade para codornas na 5ª semana no período seco

No período seco na mesorregião da Zona da Mata, tanto a temperatura como a umidade relativa estariam acima do considerado ideal para codornas na terceira semana de vida, sendo fundamental a utilização de medidas corretivas, pois a combinação de elevados valores de temperatura e umidade relativa do ar, pode leva-las à morte (Silva et al., 2015).

Com intuito de minimizar essa condição severa de calor, os animais elevam a ingestão de água resfriada, devendo esta ser fornecida em quantidade e qualidade adequadas, para auxiliar no resfriamento do organismo e diminuir a desidratação durante o processo de ofegação (Castro et al., 2017).

Deve-se levar em consideração, os tipos de materiais para cobertura mais adequados, optando por aqueles que possuem boa resistência, durabilidade e condutividade térmica

facilitando a perda de calor, como a telha cerâmica. Esse tipo de telha absorve com maior facilidade a umidade, impedindo a formação de fungos e bolor (Gontijo, 2019).

Paralelo ao telhado, há possibilidade de utilização de forros isolantes, que funcionam como barreira física à radiação, contribuindo para reduzir a transferência de calor diretamente para as aves (Lopes Neto, 2017).

Outra estratégia seria a utilização de lanternins, por ter função de dissipar a massa de ar quente, proporcionando maior ventilação, ampliando as trocas convectivas auxiliada pelo efeito chaminé. Para melhor eficiência dos lanternins existe a necessidade de um pé direito mais alto (Lopes Neto, 2017).

Como acondicionamento térmico artificial, podemos citar o uso de ventiladores, utilizados com intuito de facilitar a dissipação do calor excedente, melhorando a sensação térmica do microambiente das instalações (Silva et al., 2015).

No período seco na mesorregião do Agreste paraibano para a quarta semana de vida das codornas, a TA encontrar-se-ia abaixo da ZCT das aves, enquanto que a UR acima. Como medida corretiva para ambas as variáveis, poderia manter as cortinas nas instalações semiabertas, em horários onde a temperatura estaria mais amena, evitando o aumento da TA interna, que além de permitir a renovação do ar em seu interior por meio da ventilação natural, reduziria a umidade relativa do ar (Santos et al. 2017).

Na Borborema durante o período seco para codornas na terceira semana de vida, a TA e UR se apresentariam elevadas, assim como na mesorregião da Zona da mata, podendo, dessa forma, adotar as mesmas medidas mitigadoras citadas anteriormente.

Na quarta semana de vida das codornas, a TA se estabeleceria abaixo da preconizada e a UR acima do conforto, mesma situação seria encontrada na mesorregião do Agreste, com isso, as mesmas medidas corretivas poderiam ser adotadas tanto para o Agreste quanto para a Borborema.

No período seco na mesorregião do Sertão, a TA e UR se encontrariam acima da ZCT para a terceira semana de vida das codornas, isso também aconteceria nas mesorregiões da Zona da mata e Borborema. As mesmas medidas corretivas citadas anteriormente poderiam ser adotadas.

CONCLUSÕES

1. Para codornas na terceira semana, a mesorregião do Agreste proporcionaria a melhor situação no período seco, não necessitando de nenhuma medida corretiva para manter o conforto dos animais enquanto na Zona da Mata, Borborema e Sertão ocorreria estresse, devido à elevação das variáveis TA e UR, utilizadas para o cálculo do ITU;

2. Na quarta semana de vida das codornas, as mesorregiões que propiciariam valores de ITU dentro da ZCT no período seco seria a Zona da Mata e Sertão, não havendo necessidade de nenhuma medida corretiva. No Agreste e na Borborema, observar-se-ia estresse por frio, decorrente da diminuição da TA e elevação da UR neste período;

3. A ZCT para codornas na quinta semana de vida poderia ser encontrada em todo o estado da Paraíba, não necessitando de medidas mitigadoras nesta fase.

REFERÊNCIAS

AESA - **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Geoprocessamento.** Disponível em: <<http://siegrh.aesa.pb.gov.br:8080/aesa-sig/>>. Acesso em: 26 Out. 2018.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22 p.711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

CASTRO, J.O.; YANANGI JUNIOR, T.; FERRAZ, P.F.P.; FASSANI, E.J. Comportamento de codornas japonesas submetidas a diferentes temperaturas. **Revista Energia na Agricultura**, v.32, p.141-147, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2017v32n2p141-147>.

EL-KHOLY, M.S.; EL-HINDAWY, M.M.; ALAGAWANY, M.; ABD EL-HACK, M.E.; EL-SAYED, S.A.A. Dietary supplementation of chromium can alleviate negative impacts of heat stress on performance, carcass yield, and some blood hematology and chemistry indices of growing Japanese quail. **Biological Trace Element Research**, v.179, p.148-157, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0936-z>.

EL-TARABANY, M.S. Impact of temperature-humidity index on egg-laying characteristics and related stress and immunity parameters of Japanese quails. **International Journal of Biometeorology**, v.60, p.957-964, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1088-5>.

FRANCISCO, P.R.M.; MEDEIROS, R.M.; SANTOS, D.; MATOS, R.M. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, p.1006-1016, 2015. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbqf.v8.4.p1006-1016>.

GONTIJO, M.N. Aplicação de Impermeabilizantes feitos de rejeitos de EPS com propriedades fungicidas em telhas cerâmicas. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.11, p.29-46, 2019.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acessado em: 26 Out. 2018.

KAMEL, N.N.; AHMED, A.M.; MEHAISEN, G.M.; MASHALY, M.M.; ABASS, A.S. Depression of leukocyte protein synthesis, immune function and growth performance induced by high environmental temperature in broiler chickens. **International Journal Biometeorology**, v.61, p.1637-1645, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1342-0>.

LOPES NETO, J.P. **Construções e Instalações rurais**. 1.ed. NT Editora. Brasília, 2017. 138p.

NOBREGA, J.N.; SANTOS, C.A.C.; GOMES, O.M.; BEZERRA, B.G.; BRITO, J.I.B. Eventos extremos de precipitação nas mesorregiões da Paraíba e suas relações com a TSM dos oceanos tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, p.197-208, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862014000200005>.

PORTO, M.L. & FONTENELE NETO, J.D. Efeito da manipulação térmica durante a incubação sobre as variáveis hematológicas, bioquímica sérica e morfometria da bolsa cloacal de codornas japonesas submetidas ao estresse crônico por calor. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.72, p.505-516, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11132>.

RIBEIRO, T.L.A.; SOUZA, B.B.; BRANDÃO, P.A.; ROBERTO, J.V.B.; MEDEIROS, T.T.B.; SILVA, J.J.; CARVALHO JÚNIOR, J.E.M. Diferentes níveis de proteína e energia sobre o comportamento fisiológico e desempenho de codornas europeias no semiárido brasileiro. **Journal Animal Behaviour Biometeorology**, v.4, p.76-83, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v4n3p76-83>.

RODRIGUES, L.R.; FURTADO, D.A.; COSTA, F.G.P.; NASCIMENTO, J.W.B.; CARDOSO, E.A. Thermal comfort index, physiological variables and performance of quails fed with protein reduction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, p.378-384, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n4p378-384>.

SANTOS, T.C.; GATES, R.S.; TINOCO, I.F.F. ZOLNIER, S.; BAÊTA, F.C. Behavior of Japanese quail in different air velocities and air temperatures. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, p.344-354, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000500008>.

SANTOS, T.C.; GATES, R.S.; TINÔCO, I.F.F.; ZOLNIER, S.; ROCHA, K.S.O.; FREITAS, L.C.S.R. Productive performance and surface temperatures of Japanese quail exposed to different environment conditions at start of lay. **Poultry Science**, v.98, p.2830–2839, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pez068>.

SILVA, R.C.; RODRIGUES, L.R.; RODRIGUES, V.P.; ARRUDA, A.S.; SOUZA, B.B. Análises do efeito do estresse térmico sobre produção, fisiologia e dieta de aves. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, p.22-26, 2015.

SOUSA, M.S.; TINÔCO, I.F.F.; AMARAL, A.G.; INOUE, K.R.A.; BARRETO, S.L.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SOUZA, C.P.; PAULA, M.O. Thermal confort zones for starter meat – type qualis. **Brasilian Journal of Poultry Science**, v.16, p.265-272, 2014a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-635x1603265-272>.

SOUSA, M.S.; TINÔCO, I.F.F.; BARRETO, S.L.T.; AMARAL, A.G.; PIRES, L.C.; FERREIRA, A.S. Determinação de limites superiores da zona de conforto térmico para codornas de corte aclimatizadas no Brasil de 22 a 35 dias de idade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, p.350-360, 2014b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402014000200019>.

TAVARES, G.F.; CAMEVSKIS, E.L.; CARLOS FILHO, R.; MIRANDA, K.O.S.; MIRANDA, J.H. Zoneamento bioclimático para bovinos de corte no Brasil com o auxílio de sistemas inteligentes. **Journal of Animal Behaviour of Biometeorology**, v.4, p.116-123, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v4n4p116-123>.

THOM, E.C. “Cooling degree: day air conditioning, heating, and ventilation”. Transactions of the Amer. Soc. Heating. **Refrigerating and Air-Conditioning Engineers**, v.55, p.65-72, 1958.